



Efeito das culturas de cobertura na biodiversidade de artrópodes em sistemas agrários intensivos no Ribatejo

José Manuel Luciano Fernandes Cotta

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Gestão e Conservação de Recursos Naturais

Orientadores: Professora Doutora Elisabete Tavares Lacerda de Figueiredo Oliveira
Doutora Elsa de Jesus Centeio Valério

Júri:

Presidente:

Doutor José Maria Horta e Costa Silva Santos, Professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais:

Doutora Cristina da Conceição Ribeiro Carlos, Professora auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutora Elsa de Jesus Centeio Valério, Investigadora da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Santarém, orientadora

Agradecimentos

Os meus primeiros agradecimentos são dirigidos à Professora Maria do Céu Godinho, que me fez o convite para participar no projeto “MaisSolo”. A sua disponibilidade e conversas que tivemos foram muito elucidativas sobre alguns detalhes deste trabalho.

Na continuidade destes factos quero expressar a minha gratidão à Escola Superior Agrária de Santarém do Instituto Politécnico de Santarém, onde me licenciiei, e ao qual voltei com boas memórias para este projeto. A disponibilidade do laboratório de Entomologia e muitos fins de semana com a Escola fechada, apenas com a minha pessoa presente, com especial autorização do Sr. Diretor Professor Azevedo. Obrigado.

O melhor que posso ter tido foi o ânimo e a paixão que nunca me abandonaram e que me permitiram dar continuidade a esta longa, mas gratificante tarefa. Grato.

Expresso, com genuíno agradecimento, a ajuda recebi das minhas orientadoras: Professora Doutora Elisabete Tavares Lacerda de Figueiredo Oliveira, pela orientação com um enorme rigor científico, sugestões de campos a explorar, muita paciência e empatia comigo; Doutora Elsa de Jesus Centeio Valério, por ter sido o meu suporte nos caminhos do trabalho de campo e laboratório, assim como orientadora dos detalhes nos conteúdos deste trabalho. Obrigado.

Com as dificuldades na análise estatística surgiu a preciosa ajuda da Professora Teresa Cruz, da Universidade de Évora, a quem deixo uma palavra de apreço pela sua disponibilidade para este trabalho. Obrigado.

A todos os meus companheiros de curso, em especial ao Robin Payne com o quem percorri este caminho em contacto, discutindo ideias e estratégias, tendo no fim sido uma preciosa ajuda para algumas análises mais complicadas; também à equipa de professores que lecionaram este Mestrado, à qual expresso um enorme agradecimento.

O lado sentimental aflora em mim pela paciência, empatia e amor que recebi da minha eterna companheira e amada Cátia Mourão. Nos fins de semana no Laboratório em Santarém e nas noites longas e demoradas, ela esteve sempre presente, disponível e interessada no meu trabalho. Obrigado, Cátia. Esta participação da família não se esgota porque também o meu filho, Pedro Filipe Cotta, viu nascer e chegar ao fim este projeto. Participou nos trabalhos de campo e laboratório com enorme dedicação. Sementes que ficaram para o futuro. Obrigado, Pedro.

Resumo

Atualmente enfrentamos grandes ameaças agroambientais devido à atividade agrícola. Práticas como a mobilização dos solos, o excesso de fertilizantes, a monocultura e o uso de pesticidas estão na origem da degradação da matéria orgânica, erosão, salinização, compactação e perda de biodiversidade. As culturas de cobertura (CC) e a mobilização mínima favorecem as comunidades biológicas do solo e são vitais para o equilíbrio e a saúde das funções do ecossistema. Este estudo realizou-se em dois campos experimentais com sistemas agrários intensivos, com cultura da batata e milho, na região do Ribatejo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da introdução de culturas de cobertura, de outono-inverno, nos sistemas culturais do Ribatejo. Testaram-se quatro modalidades, três sementeiras (*Raphanus sativus* L., Consociação de leguminosas e gramíneas, e Azevém) e Testemunha com vegetação espontânea. As culturas principais foram instaladas cerca de três meses depois. Aplicaram-se dois métodos de captura de artrópodes, em quatro datas de amostragem, tanto nas culturas de cobertura como nas culturas principais. Recorrendo a armadilhas “*pitfall*” fez-se a análise da composição dos grupos funcionais, da abundância e riqueza de morfotipos para quantificar o efeito das modalidades testadas através de bioindicadores e do Índice de Shannon. A amostragem do solo com sonda de profundidade serviu para aplicação do índice QBS-ar (Quality Biological Soil-ar). Obtiveram-se médias mais elevadas para os bioindicadores na Consociação (Carabidae 29,25±9,3; Formicidae 6,75±2,56) e em *Raphanus sativus*. (Araneae 4,25±0,47), sem significado estatístico. O Índice de Shannon teve a média mais elevada em *Raphanus sativus* (2,22). O valor de QBS-ar foi mais elevado no Azevém (41,25±10,98) nas quatro datas de amostragem, revelando valores baixos para a escala considerada. A análise de variância revelou diferenças significativas em três ocasiões com a Testemunha a mostrar-se maior abundância de artrópodes e riqueza de morfotipos do que *Raphanus sativus* e Azevém. Os resultados foram favoráveis às CC, com estas a apresentarem as médias mais elevadas, principalmente na Consociação, para muitas das variáveis testadas, embora sem significado estatístico, podendo contribuir para validar e promover estas práticas na atividade agrícola como estratégias de conservação.

Palavras-chave: solo; conservação; morfotipo; bioindicador; índice QBS-ar.

Abstract

Nowadays, we are facing major agroenvironmental threats due to agriculture activity. Practices such as soil mobilization, excess fertilizers, monoculture and the use of pesticides are at the origin of the degradation of organic matter, erosion, salinization, compaction and loss of biodiversity. Cover crops (CC) and minimal tillage support soil biological communities and are vital for balanced and healthy ecosystem functions. This study was carried out in two experimental fields with intensive agrarian systems of potato and corn, in the Ribatejo region. The aim of this work was to evaluate the effect of four cover modalities on arthropod biodiversity. Three of these modalities were sown (*Raphanus sativus* L., Consociation of legumes and grasses, and Ryegrass) and another was the control plot with spontaneous vegetation. After about three months, these plots received the main crops. Two arthropod capture methods were applied in four sampling dates. Using the pitfall trap method, the analysis of the composition of the functional groups, the Abundance and Richness of morphotypes was carried out to quantify the effect of the modalities tested through arthropod bioindicators and the Shannon Index. Soil sampling with a depth probe was used to apply the QBS-ar (Quality Biological Soil-arthropod) Index. The results showed higher averages for bioindicators in Consociation (Carabidae 29.25 ± 9.3 ; Formicidae 6.75 ± 2.56) and in *Raphanus sativus* (Araneae 4.25 ± 0.47), not statically significant. The Shannon Index had the highest mean in *Raphanus sativus* (2.22). The QBS-ar value and the highest average of the four sampling dates was found in Ryegrass (41.25 ± 10.98) revealing low values for the considered scale. The analysis of variance revealed significant differences on the abundance and morphotype richness on three sampling dates, being the Control higher than *Raphanus sativus* and Ryegrass. The results were favorable to the CC with these presenting the highest averages, mainly in the Consociation, for many of the tested variables (although not statically significant), being able to contribute to validate and to promote these practices in the agricultural activity as conservation strategies.

Keywords: soil; conservation; morphotype; bioindicator; QBS-ar index.

Índice Geral

| | |
|--|-----------|
| Agradecimentos | I |
| Resumo | III |
| Palavras-chave..... | III |
| Abstract..... | IV |
| Keywords..... | IV |
| Índice de Quadros | VII |
| Índice de Figuras | VIII |
| Lista de Abreviaturas | VIII |
| 1 – Introdução | 1 |
| 1.1 - Enquadramento | 1 |
| 1.2 – Culturas de cobertura | 4 |
| 1.3 - Comunidades de artrópodes do solo | 7 |
| 1.4 – Objetivos..... | 12 |
| 2- Material e métodos | 14 |
| 2.1 – Área de estudo | 14 |
| 2.2 – Caracterização físico-química dos campos | 17 |
| 2.3 – Delineamento experimental..... | 18 |
| 2.4 – Culturas de cobertura | 19 |
| 2.6 – Instalação das culturas de cobertura e principais | 20 |
| 2.7 – Artrópodes capturados por armadilhas “<i>pitfall</i>” | 24 |
| 2.7.1 - Trabalho de campo..... | 24 |
| 2.7.2- Trabalho de laboratório..... | 25 |
| 2.7.3 – Análise de dados..... | 27 |
| 2.8.1 – Trabalho de campo | 29 |
| 2.8.2 – Trabalho de laboratório..... | 30 |
| 2.8.3 – Análise de dados..... | 32 |
| 3- Resultados..... | 32 |
| 3.1- Artrópodes capturados em armadilhas “<i>pitfall</i>” | 32 |
| 3.1.1 – Abundância e Riqueza..... | 32 |
| 3.1.2 – Bioindicadores..... | 37 |
| 3.1.3– Índice de Shannon | 49 |

| | |
|--|----|
| 3.1.4 – Análise estatística..... | 50 |
| 3.2 – Artrópodes capturados por sonda de solo | 50 |
| 3.2.1 – Totais das capturas e taxa em todas as modalidades por amostragem | 50 |
| 3.2.2 – Atribuição do EMI..... | 52 |
| 3.2.3 – Cálculo do Índice QBS-ar nos campos de São João de Brito e Casal das Freiras | 54 |
| 4 – Discussão | 56 |
| 5 – Conclusão..... | 62 |
| 6 – Referências Bibliográficas | 64 |
| 7 - Webgrafia..... | 73 |
| Anexos | 75 |

Índice de Quadros

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Valores das médias da temperatura máxima (TX), média (TT) e mínima (TN) durante o período janeiro até agosto em 2022 na estação de Fonte Boa, Santarém. | 16 |
| Quadro 2 – Valores da precipitação total registada durante o período janeiro até agosto em 2022 na estação de Fonte Boa, Santarém | 17 |
| Quadro 3 – Análise sumária do solo para o pH, matéria orgânica do solo - MO (%), teor de P ₂ O ₅ e K ₂ O assimilável (mg/kg) e o teor de calcário total (%) para o período de 2017/2018 a 2021/2022, nos campos São João de Brito e Casal das Freiras. (Projeto MaisSolo)..... | 18 |
| Quadro 4 – Espécies que entraram na composição da mistura de sementes da modalidade Consociação em São João de Brito. Dados fornecidos pela empresa Fertiprado..... | 22 |
| Quadro 5 – Misturas de espécies de sementes na composição da Consociação em Casal das Freiras. Dados fornecidos pela empresa Fertiprado..... | 22 |
| Quadro 6 – Atribuição do valor EMI (Índice Ecológico-Morfológico) por táxon para diferentes condições nos artrópodes capturados..... | 33 |
| Quadro 7 – Valores das médias para o Índice de Shannon em São João de Brito nas quatro datas de amostragem (SJB1, SJB2, SJB3 e SJB4) | 49 |
| Quadro 8 – Valores das médias para o Índice de Shannon em Casal das Freiras (CDF)..... | 50 |
| Quadro 9 – Valores do Índice Ecológico Morfológico (EMI) atribuídos a cada táxon para cada modalidade (Rf, Co, Az e Te) em São João de Brito nas 4 datas: SJB1 (09/02/2022) / SJB2 (07/06/2022) / SJB3 (06/07/2022) / SJB4 (03/08/2022). | 53 |
| Quadro 10 – Valores do Índice Ecológico Morfológico (EMI) atribuídos a cada táxon, em cada modalidade (Rf, Az, Co, Te) em Casal das Freiras, nas 4 datas: CDF1 (09/02/2022) / CDF2 (07/06/2022) / CDF3 (06/07/2022) / CDF4 (03/08/2022)..... | 54 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – A. Mapa de Portugal com a região do Ribatejo realçada a verde | 14 |
| Figura 2 – Fotografia aérea dos campos. A – São João de Brito (SJB). B – Casal das Freiras (CDF) C – Disposição das armadilhas em São João de Brito | 15 |
| Figura 3 – Normal climatológica para o período de 1981-2010 na estação de Fonte Boa do IPMA em Santarém – temperatura. | 16 |
| Figura 4 – Normal climatológica para o período de 1981-2010 na estação de Fonte Boa do IPMA em Santarém - precipitação. | 16 |
| Figura 5 – A – Carta de solos de Cardoso (1978) B – Ampliação da zona da Golegã, na Lezíria do Tejo, mostrando os Fluviosolos nos campos São João de Brito e Casal das Freiras..... | 17 |
| Figura 6 – Distribuição das modalidades testadas em cada um dos campos..... | 19 |
| Figura 7 – A – Cultura de cobertura de nabo forrageiro (<i>Raphanus sativus</i>) instalada num dos campos do projeto MaisSolo / C – Cultura de cobertura de azevém anual (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.) instalada num dos campos do projeto MaisSolo / D – <i>Lolium multiflorum</i> Lam | 21 |
| Figura 8 – Cultura de cobertura da modalidade Consociação (de gramíneas e leguminosas), instalada num dos anos anteriores do projeto GO MaisSolo..... | 22 |
| Figura 9 – A – Batata (<i>Solanum tuberosum</i>) / B – Cultura principal da batata instalada no campo de Casal das Freiras (CDF)..... | 23 |
| Figura 10 – A – milho (<i>Zea mays</i> L.) / B – Cultura principal de milho instalada no campo de São João de Brito (SJB)..... | 24 |
| Figura 11 – A – Recipiente de vidro usado como armadilha “pitfall”. / B – Dispositivo de cobertura do contentor de vidro para evitar interferências do sistema de rega e pluviosidade..... | 25 |
| Figura 12 – A – Frascos com 16 amostras referentes a uma data de amostragem num campo / B – Filtragem do líquido conservante contendo as capturas de artrópodes / C-Separação em placas de Petri dos artrópodes após filtragem. | 25 |
| Figura 13 – A – Conservação em placas de Petri, devidamente referenciadas de todos os artrópodes encontrados após filtragem / B – Separação por morfotipos, em cada uma das amostras com recurso ao microscópio estereoscópico. | 26 |
| Figura 14 – A – Processo de conservação em cápsulas de gelatina com identificação do nº. de morfotipo. B – Grelhas de conservação de toda a coleção de morfotipos encontrados..... | 26 |
| Figura 15 – A – Grelha de fotografias de morfotipos. / B – Câmara fotográfica instalada no microscópio estereoscópico / C – microscópio estereoscópico NIKON SHZ800N / D – Fotografias de morfotipos de Carabidae, Araneae e Coccinelidae..... | 27 |
| Figura 16 – Principais táxones identificados por morfotipos..... | 28 |
| Figura 17 – Táxones usados como bioindicadores..... | 29 |
| Figura 18 – A – Perfil da sonda de solo usada na amostragem / B – recolha da amostra..... | 30 |
| Figura 19 – Instalação do funil de Berlese-Tüllgren na ESA (Escola Superior Agrária) para extração da fauna do solo..... | 31 |
| Figura 20 – A – Detalhe da recolha de artrópodes no funil de Berlese-Tüllgren após cerca de 5 dias de exposição / B – Preservação em tubos Eppendorf das amostragens em quatro datas diferentes em quatro modalidades e nos dois campos. | 31 |

| | |
|--|----|
| Figura 21 – Distribuição de todos os artrópodes capturados em São João de Brito pelas diversas classes encontradas: Malacostrata, Chilopoda, Arachnida, Entognatha e Insecta. | 34 |
| Figura 22 – Média \pm erro padrão da Riqueza de morfotipos (nº. de morfotipos em São João e Brito) nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022)..... | 35 |
| Figura 23 – Média \pm erro padrão da Riqueza de morfotipos (nº de morfotipos) em São João e Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022)..... | 35 |
| Figura 24 – Distribuição do total das capturas pelas classes em Casal das Freiras... 36 | |
| Figura 25 – Média \pm erro padrão da Riqueza de morfotipos de artrópodes (nº de morfotipos) em Casal das Freiras nas três datas de amostragem Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022)..... | 36 |
| Figura 26 – Média \pm erro padrão da Abundância (nº de artrópodes) em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022)..... | 37 |
| Figura 27 – Percentagens de Bioindicadores: Arachnida (Araneae e Opiliones), Carabidae e Formicidae no total das amostragens em São João de Brito. A - Abundância / B – Riqueza de morfotipos. | 38 |
| Figura 28 – Média \pm erro padrão para Abundância de Araneae e Oplilones em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022)..... | 39 |
| Figura 29 – Média \pm erro padrão para Riqueza de morfotipos de Araneae e Opiliones em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022)..... | 39 |
| Figura 30 – Média \pm erro padrão para Abundância de Carabidae em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022)..... | 40 |
| Figura 31 – Média \pm erro padrão para Riqueza de morfotipos de Carabidae em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022)..... | 40 |
| Figura 32 – Média \pm erro padrão para Abundância de Formicidae em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022)..... | 41 |
| Figura 33 – Média \pm erro padrão para Riqueza de morfotipos de Formicidae em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022)..... | 41 |
| Figura 34 – Bioindicadores: Arachnida (Araneae e Opiliones), Carabidae e Formicidae no total das amostragens em Casal das Freiras: A – Abundância / B – Riqueza de morfotipos..... | 42 |
| Figura 35 – Média \pm erro padrão para Abundância de Araneae e Opiliones em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022)..... | 42 |
| Figura 36 – Média \pm erro padrão para Riqueza de morfotipos de Araneae e Oplilones em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022)..... | 43 |
| Figura 37 – Média \pm erro padrão para Riqueza de morfotipos de Carabidae em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022)..... | 43 |

| | |
|---|----|
| Figura 38 – Média±erro padrão para Abundância de Carabidae em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022). | 44 |
| Figura 39 – Média±erro padrão para Abundância de Formicidae em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022). | 44 |
| Figura 40 – Média ± erro padrão para Riqueza de morfotipos de Formicidae em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022). | 45 |
| Figura 41 – Distribuição de morfotipos de Arachnida (Araneae /Ar e Opiliones /Op) pelas modalidades em São João de Brito. Todos os artrópodes foram capturados em armadilhas “pitfall”. | 46 |
| Figura 42 – Distribuição de morfotipos de Arachnida (Araneae /Ar e Opiliones /Op) pelas diferentes modalidades, em Casal das Freiras. Todos os artrópodes foram capturados em armadilhas “pitfall”. | 46 |
| Figura 43 – Morfotipos de Arachnida: A - nº 58 presente em todas as modalidades / B – nº 100 / C – nº 152 presentes exclusivamente em <i>Raphanus sativus</i> | 47 |
| Figura 44 – Distribuição dos morfotipos de Carabidae, pelas diferentes modalidades, em São João de Brito. Todos os artrópodes foram capturados em armadilhas “pitfall”. | 47 |
| Figura 45 – Distribuição dos morfotipos de Carabidae pelas diferentes modalidades em Casal das Freiras. | 47 |
| Figura 46 – Morfotipos de Carabidae: A – nº 55 e exclusivo da Consociação apenas no campo de São João de Brito / B - nº 51 e exclusivo da Consociação nos dois campos. | 48 |
| Figura 47 – Morfotipos exclusivos de plantas espontâneas na parcela Testemunha em São João de Brito: M12, M13 e M18 - Hymenoptera / M15 - Collembola / M16 – Acari / M17 e M21 – Hemiptera / M11 e M20 – Diptera / M22 – Thysanoptera / M 23 - Indiferenciado / M24 – Coleoptera. | 48 |
| Figura 48 – Gráficos de bigodes referentes ao cálculo das médias do Índice de diversidade Shannon em São João de Brito (A) e Casal das Freiras (B), respetivamente. | 49 |
| Figura 49 – Distribuição do total das capturas pelas respetivas classes taxonómicas em São João de Brito. | 51 |
| Figura 50 – Distribuição do total das capturas pelas respetivas classes taxonómicas em Casal das Freiras. | 51 |
| Figura 51 – Fotografias do autor de exemplares de artrópodes capturados por sonda de solo nas amostras em São João de Brito e Casal das Freiras – A - amostra de Casal das Freiras 3 Rf / B - Diptera / C - Hemiptera / D - Hymenoptera / E - Desconhecido / F - Coleoptera/ G - Collembola / H - Hemiptera/ I - Diptera / J – Coleoptera/ K e L- Coleoptera (Staphylinidae / M - Collembola formas eudáficas / N - Larva / O - Acari / P, Q, R , S e T - Ninfa e larvas. | 52 |
| Figura 52 – A – Variação do Índice QBS-ar em São João de Brito / B – Variação do Índice QBS-ar em Casal das Freiras. | 55 |
| Figura 53 –Índice QBS-ar das médias nas quatro datas de amostragem em A – São João de Brito e B – Casal das Freiras (Rf = <i>Raphanus sativus</i> ; Co = Consociação; Az = Azevém; Te = Testemunha). | 55 |

Lista de Abreviaturas

Az - Modalidade de Azevém

CC – Culturas de cobertura

CDF – Campo de Casal das Freiras

CDF1 – Primeira data de amostragem em Casal das Freiras

CDF2 – Segunda data de amostragem em Casal das Freiras

CDF3 – Terceira data de amostragem em Casal das Freiras

CDF4 – Quarta data de amostragem em Casal das Freiras

CDF2Te – Resultados referentes à modalidade da Testemunha na segunda data de amostragem em Casal das Freiras

CDF2Te1 – Resultados referentes à primeira réplica da Testemunha na segunda data de amostragem em Casal das Freiras

Co – Modalidade de Consociação

ESAS – Escola Superior Agrária de Santarém

EMI – Índice Ecológico-Morfológico

ISA – Instituto Superior de Agronomia

SJB – Campo de São João de Brito

SJB1 – Primeira data de amostragem em São João de Brito

SJB2 – Segunda data de amostragem em São João de Brito

SJB3 – Terceira data de amostragem em São João de Brito

SJB4 – Quarta data de amostragem em São João de Brito

SJB1Rf – Resultados referentes à modalidade de *Raphanus sativus* na primeira data de amostragem em São João de Brito

SJB1Az2 – Resultados referentes à segunda réplica do Az na primeira data de amostragem em São João de Brito

SJB1CoE – Atribuição de EMI na primeira amostragem em São João de Brito na modalidade Consociação

QBS-ar – Índice de Qualidade Biológica do Solo

Rf – Modalidade de *Raphanus sativus*

Te – Modalidade de Testemunha (Controlo)

1 – Introdução

1.1 - Enquadramento

A agricultura de conservação

O aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, a limitada disponibilidade de água e a diminuição da biodiversidade representam grandes ameaças agroambientais à atividade agrícola (Perego *et al.*, 2019). Práticas como a mobilização do solo, excesso de fertilizantes, monocultura e uso de pesticidas estão na origem da redução da qualidade e saúde dos solos. A degradação da matéria orgânica, erosão, salinização e compactação são fatores que causam impacto na redução das produções agrícolas, perdas de biodiversidade e também têm implicações socioeconómicas. O aumento populacional, a escassez de recursos e a importância económica das culturas impelem o setor a desenvolver sistemas agrários cada vez mais intensivos (Cotta, 2018). A insustentabilidade económica, agronómica ou ambiental do sistema convencional de culturas é comprovada pelo processo gradual de empobrecimento dos solos, manifestado pelo baixo teor de matéria orgânica e pela degradação das suas características físicas, químicas e biológicas (Barros & Freixial, 2011). A Agricultura de Conservação foi introduzida na PAC (Política Agrícola Comum da EU), no Programa de desenvolvimento Rural 2014-2020, com o objetivo de contribuir para solucionar estes problemas do solo (Kelly *et al.*, 2021). A biota do solo desempenha as mais variadas funções vitais para o equilíbrio e saúde do ecossistema, desde os ciclos biogeoquímicos nos microrganismos (Falkowsky *et al.*, 2008), à reciclagem de matéria orgânica (Anderson, 1988), passando pela manutenção da porosidade e arejamento do solo com aumento das suas propriedades hidráulicas e estabilidade estrutural (Lavelle, 2004).

A crise da biodiversidade

Na década de 90 e no seguimento da Convenção do Rio, cujo tema era a biodiversidade, as medidas retificadas apoiavam-se apenas em estratégias de conservação e no uso sustentável dessa biodiversidade. No entanto, não davam especial atenção à biota do solo. A partir do início do século XXI, a biodiversidade do solo finalmente ganhou destaque e entre muitas das questões importa referir o tópico da identificação das comunidades que contribuem para o funcionamento do ecossistema do solo

(Hagvar, 1997). Em 2001 foi adotado o “biodiversity action plan for agriculture” (European Union, 2001) que culminou na “Kiev resolution for biodiversity” (UN/ECE, 2003), onde se estabeleceram medidas de gestão para a biodiversidade na agricultura, incluindo programas agroambientais, instrumentos de desenvolvimento rural e modo de produção biológico. Os esforços foram na direção de obter viabilidade económica e ecológica nestes ecossistemas para se validar, mais tarde, um financiamento na conservação e sustentabilidade da biodiversidade na atividade agrícola em 2008. O contributo da *Message from Malahide* (European Union, 2004), na Irlanda, foi também importante na definição dos objetivos para 2010. As linhas mestras que definem as estratégias para a Política Agrícola Comum da UE, PAC 2014 – 2020, demonstraram as preocupações de uma melhor gestão do solo, combinando uma produção sustentável com a proteção ambiental e incluindo normas para a redução das emissões de CO₂ e proteção da biodiversidade do solo (Menta, *et al.*, 2020). Mais recentemente, na *EU 2030 Biodiversity Strategy* (European Union, 2020) continuam os esforços centrados em reverter a degradação dos ecossistemas e aumentar uma gestão sustentável. Entre muitas das sinergias esperadas referem-se os desafios para os agricultores e benefícios para os cidadãos em geral e para o ambiente através da “Green Deal da EU” (propondo a redução de pesticidas até 50% em 2030 e contribuindo para a salvaguarda da biodiversidade), as estratégias futuras da Política Agrícola Comum (PAC) e a sua contribuição para o Pacto Ecológico da UE (European Union, 2020). A 15ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas para a Diversidade Biológica (COP 15) decorreu em Montreal em dezembro de 2022. Esta culminou com um acordo histórico de um novo fundo internacional de 200 milhões de dólares para a conservação da diversidade biológica até 2030. Mas será este acordo suficiente para garantir que o mundo vai passar mesmo a cuidar da diversidade biológica, garantindo a infinidade dos serviços que os ecossistemas prestam à humanidade? Francisco Ferreira da Associação ZERO, presente nesta conferência, alertou para o problema de haver subsídios e incentivos para atividades agrícolas contrárias à salvaguarda da biodiversidade (Barata, 2022)

A qualidade e saúde do solo

O solo tem vindo a ser classificado como fator de vital importância para a sobrevivência humana, tal como a água ou o ar (George *et al.*, 2017). A qualidade e saúde do solo define-se pela capacidade da sua funcionalidade ecológica e a sua ligação aos serviços do ecossistema. A avaliação desta qualidade deve investigar como estão a ser

desempenhadas e preservadas essas funções para o futuro (Menta *et al.*, 2018) mas ainda não existe uma caixa de ferramentas bioindicadora para solos atualmente disponível (Havlicek, 2012). De entre os diversos métodos usados nessas investigações, alguns fazem uso de indicadores (Menta *et al.*, 2018). Vários cientistas executaram trabalhos usando monitorização da mesofauna (George *et al.*, 2017). Outros, como o método TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility), incluem parâmetros físico-químicos e macrofauna do solo (Pereira *et al.*, 2017). Um índice de biodiversidade centrado na riqueza e abundância de táxones com uso de microartrópodes também foi testado (Cortet *et al.*, 2002). Novos índices surgiram: o Índice IBQS (Índice Biológico de Qualidade do Solo) que propõe em alternativa a análise através dos macroinvertebrados mais intervenientes nas funções do solo (Nuria *et al.*, 2011); e o Índice GISQ (General Indicator of Soil Quality, 2019) (Menta *et al.* 2020) que sintetiza parâmetros físico-químicos com macroinvertebrados. A diversidade e a abundância de espécies parecem ser as propriedades mais estudadas nestas comunidades do solo e os índices sintéticos, como os de Shannon, Pielou e Simpson não refletem o papel ecológico de cada táxon nem as densidades ou estrutura das comunidades (Menta *et al.*, 2020). Nestas últimas décadas vários esforços foram feitos a fim de encontrar medidas mais exatas que traduzam a qualidade do solo. Foi desenvolvido o Índice QBS-ar (Soil Biological Quality – arthropod) que une a biodiversidade de artrópodes do solo com o grau de vulnerabilidade desse solo. Em Menta *et al.* (2018) é descrito que o índice se baseia no conceito de que o número de grupos que morfologicamente se encontram melhor adaptados será maior em solos que apresentem maior qualidade. A qualidade biológica é um indicador do nível de degradação do solo. Nos nossos dias consiste num método oficializado pela União Europeia para efetuar medições da qualidade do solo (Menta *et al.*, 2020), considerado muito económico relativamente ao equipamento necessário e ao tempo e energia gastos e, ainda, devido ao facto de não necessitar de uma complexa identificação taxonómica. Vários autores mostraram-se bastante satisfeitos com este índice, seja na comparação de diferentes métodos na atividade agrícola, seja noutros impactos em ecossistemas, incluindo a descrição de relações de competição entre insetos (Menta *et al.*, 2020). Usando este índice como modelo, foram desenvolvidos dois índices aplicados a Collembola (QBS-c) e a minhocas (Oligochaeta) (QBS-e). Alargado a todos os estudos de impactos de distúrbios antropogénicos, é hoje usado em estudos de cortes de florestas, agricultura, pisoteio, atividades industriais e emissões (Menta *et al.*, 2020). A aplicação deste índice compreende quatro fases: 1- A amostragem de artrópodes deve ser feita longe do período seco com três repetições distanciadas de 5 a 10 m; 2- A extração de microartrópodes deve ser feita através de extrator Berlese-

Tullgreen, pelo menos 48 h; 3- A determinação da formas ecológicas e atribuição do índice Ecológico-Morfológico (EMI) após classificação em ordem/classe – o valor EMI atribuído varia entre 1 (sem adaptação ao solo) e 20 (máxima adaptação ao solo); 4 – O cálculo do índice QBS-ar resulta das somas dos índices de EMI, na amostra extraída. Sempre que dois valores diferentes de EMI sejam atribuídos ao mesmo táxon para efeitos de cálculo do valor de QBS-ar deve ser considerado o valor mais elevado (Menta *et al.*, 2018).

1.2 – Culturas de cobertura

As preocupações políticas crescentes com a promoção das práticas agrícolas sustentáveis resultam dos impactos da agricultura intensiva na biodiversidade e funções do solo, através da alteração dos ciclos biogeoquímicos (Puissant *et al.*, 2021). No entanto, o entendimento dos processos de como a biodiversidade do solo responde às práticas agrícolas e como estas realmente beneficiam a saúde do solo não está completamente esclarecido (Tsiafouly *et al.*, 2015). As culturas de cobertura (CC) são feitas, entre culturas destinadas a obtenção de rendimento, com o objetivo proteger e enriquecer o solo. Têm sido estudadas pelas suas vantagens na fixação de azoto atmosférico, redução da erosão e lixiviação, e por contribuírem para a saúde do solo. Recentemente, revelaram-se importantes para outros serviços do ecossistema como a mitigação e a adaptação às alterações climáticas. Estes serviços são conseguidos através da diminuição da vulnerabilidade a eventos extremos de chuva, retenção do azoto mineralizado e melhor gestão da água perante secas extremas ou encharcamento dos solos (Kayne & Quemada, 2017). O controle biológico de pragas apresenta-se como um dos mais importantes serviços do ecossistema prestado na atividade agrícola pelas CC, podendo beneficiar com o aumento da diversidade de plantas (Beaumelle *et al.* 2021). Entre as características mais importantes das CC leguminosas (fabáceas) destaca-se o facto de poderem fixar o azoto atmosférico biologicamente através de uma relação simbiótica com rizóbio, aumentarem o teor da matéria orgânica do solo e serem usadas como adubo verde. Nas gramíneas (poáceas) destacam-se os seus sistemas radiculares fibrosos nas funções de captura de nutrientes, enquanto as brássicas apresentam raízes profundas responsáveis pela melhoria da estrutura de solos mais pesados. Griffiths *et al.*, (2021) levantam algumas questões acerca da disponibilidade e melhoramento nas plantas usadas nas CC e refere que a eficácia dos serviços nos ecossistemas fornecidos pelas CC varia muito, pois são raros os trabalhos feitos com o melhoramento das características destas espécies. Concluem, sugerindo que

os avanços na fenotipagem de raízes e ferramentas genéticas são fundamentais para acelerar a melhoria dos serviços do ecossistema em culturas de cobertura. Diversos ensaios têm revelado o interesse da utilização dos resíduos de brássicas na biofumigação como culturas de cobertura. Este efeito, resulta da presença de glucosinatos que, por hidrólise, libertam isotiocianatos com ação tóxica para plantas e organismos considerados patogénicos para as culturas (Castillo, 2018). As gramíneas acumulam elevadas quantidades de matéria verde, mesmo quando submetidas a um solo de baixa fertilidade, apresentando um bom desenvolvimento radicular superficial, o que favorece a atividade dos microrganismos (Castillo, 2018). Algumas CC parecem beneficiar os inimigos naturais e o controle biológico, quando se trata de paisagens simplificadas (Beaumelle *et al.*, 2021). A preservação da biodiversidade depende do contexto da paisagem. Assim, os melhoramentos na diversidade vegetal são fundamentais para maximizar os efeitos positivos sobre a biodiversidade dos artrópodes (Beaumelle *et al.*, 2021). Seja a escolha das CC, sejam fatores climáticos, seja a gestão dos métodos usados ou a produção de biomassa, considera-se importante poder sistematizar e perceber como maximizar os resultados pretendidos para melhor aconselhar os agricultores (Carmona *et al.*, 2021). Embora as CC sejam a melhor prática na mitigação das perdas de azoto por lixiviação e esteja comprovado o papel da microbiota na saúde do solo, as respostas destes organismos às CC ainda não foram bem caracterizadas com indicadores de táxones inferiores. Os mesmos autores advertem para o facto de que os benefícios de aumento da biodiversidade e redução de lixiviação de nitratos podem esconder o aumento da emissão de óxido nitroso (N₂O) para a atmosfera quando a gestão de nutrientes não é adequada (Nakian *et al.*, 2022). Vários modelos têm sido desenvolvidos para quantificar o sequestro de carbono orgânico do solo. Alguns modelos traçam cenários que atribuem às CC maior competitividade nessa finalidade para países no norte da Europa, comparando com Portugal e com o sul de Espanha, devido às previsões de seca. A aplicação desses modelos comparou também o sequestro de carbono entre pastagens e CC sendo favorável a estas últimas (Lugato *et al.*, 2014). As perdas de biodiversidade relacionam-se hoje com problemas graves na sustentabilidade da atividade agrícola. As respostas para o empobrecimento dos solos com a escassez de recursos, o decréscimo dos polinizadores das culturas e o aumento de pragas, evidenciam, cada vez mais, a relação com essa perda de biodiversidade (Hopper *et al.*, 2005). As plantas geram resíduos que aumentam as características hidrofóbicas do solo. As plantas de cobertura influenciam a mesofauna do solo, acima da superfície do solo, pela regulação da temperatura por efeito da sombra e contribuem para um maior equilíbrio das condições ambientais. Nos

fatores abaixo do nível do solo, os compostos orgânicos do ambiente da rizosfera das plantas envolvem os exsudados das raízes que constituem recursos alimentares para os organismos. Estes organismos, de diminutas dimensões e que usam os poros existentes para a locomoção, são diretamente afetados pelas condições neste ambiente. Entre estes fatores, a proporção ar/água pode, em casos extremos, resultar em condições de anaerobiose ou desidratação (Menta *et al.*, 2020). Os mesmos autores referem os benefícios de outras práticas na agricultura de conservação como a mobilização mínima e as rotações de culturas. No entanto, concluem que os estudos são controversos quando se analisa cada táxon separadamente. Assim, sintetizam que se observou uma redução para metade de Acari nos solos mobilizados e uma redução significativa em Collembola, Pauropoda e Isopoda em solos com distúrbios físicos e químicos e que a monocultura implica uma diminuição de *habitat*, muito influente, de forma negativa, para Isoptera (Menta *et al.*, 2020; Jones *et al.*, 2003). A fertilização também influencia as comunidades de artrópodes, sendo geralmente aceite que os compostos orgânicos têm um efeito mais elevado do que os inorgânicos no incremento da biota do solo (Kautz *et al.*, 2006). Numa tentativa de relacionar as culturas e determinada planta com as comunidades de artrópodes parece não haver evidência científica que relacione uma determinada espécie com uma cultura, contudo parece haver consenso neste assunto no estudo de Holland & Luff (2000). Estes autores referem que a grande diferença é entre as culturas semeadas no inverno (cereais) e as culturas de primavera (por exemplo, a batata e beterraba sacarina), estas últimas com sistemas radiculares diferentes e com menos abundância e diversidade de artrópodes. O mesmo estudo sugere que esta diferença poderá ser uma consequência do microclima gerado no ambiente da rizosfera das gramíneas ser mais quente e seco, em comparação com as outras culturas. Os microrganismos do solo estão também, ligados à saúde e qualidade do solo. O azevém anual, micorriza facilmente e o seu cultivo enriquece o solo em fungos endomicorrízicos autóctones que se associam às culturas principais após a CC. A inoculação de estirpes de rizóbios ou os promotores de micorrizas são hoje largamente utilizados nas CC e a avaliação da abundância e atividade destes microrganismos constitui hoje um bioindicador da saúde e qualidade do solo (Fareleira *et al.*, 2021).

1.3 - Comunidades de artrópodes do solo

Biodiversidade e Taxonomia

Em 2001, no âmbito da política da UE para a biodiversidade, foram publicadas as listas vermelhas europeias para as borboletas, besouros saproxílicos e libélulas (European Union, 2001). As preocupações com a perda de biodiversidade alargam-se, em simultâneo, aos insetos polinizadores, às comunidades do solo e aos *habitats* em geral. A crise da biodiversidade só recentemente começou a atrair a atenção do público. Descobrir e descrever essa biodiversidade consiste no primeiro passo mais importante da Biologia. A taxonomia, entre a sistemática e a morfologia, tem o papel de identificar, atribuir nomes às espécies e descrevê-las (Petrovicorcid, 2022). Os artrópodes, presentes em quase todos os *habitats*, são dos mais diversos grupos do planeta. As suas características únicas realçam o sucesso evolutivo. Entre elas destacam-se: exoesqueleto, corpo segmentado com apêndices articulados, metamorfose, órgãos sensoriais bem desenvolvidos, sistema respiratório diverso e padrões comportamentais complexos. O filo Arthropoda inclui, atualmente, quatro subfilos com um quinto já extinto (Trilobites). Para a entomologia agrária, a mais importante das ordens do subfilo Crustacea são os Isopoda terrestres. Os Myriapoda conhecidos são todos terrestres, agrupados em quatro ordens e incluem centopeias e milípedes. O subfilo Chelicerata compreende duas classes, sendo a mais conhecida Arachnida, que engloba aranhas, escorpiões e ácaros. Por último, o subfilo Hexapoda engloba a classe Insecta e seus parentes Entognatha. Estes apresentam as partes bucais retraídas dentro da cabeça e estão distribuídos pelas ordens Protura, Diplura e Collembola (muito usados em estudos de qualidade e saúde do solo (Santos *et al.*, 2018)). No reino Animalia, 66% de todos os organismos são do grupo dos insetos e as estimativas apontam para 5,5 milhões de espécies com apenas 1 milhão nomeadas. Pensa-se que apareceram na Terra há cerca de 479 milhões de anos; nos nossos dias, 81% das espécies Insecta vivos enquadram-se nas ordens: Coleoptera, Diptera, Lepidoptera e Hymenoptera (Zhang, 2022). Previamente reconheceram-se, pelo menos, 30 ordens de “verdadeiros insetos” (Insecta). Contudo, novos dados sugerem que duas das tradicionais ordens (Blattodea e Psocoptera) são parafiléticas e só 28 ordens são reconhecidas, com a ordem Isoptera (térmitas) incluída na Dictyoptera e Phthiraptera com Psocoptera a formarem a Psocodea (Gullan & Cranston, 2014). A falta de taxonomistas especializados e a morosidade e custos destes trabalhos parecem não contribuir para facilitar esta área de estudo. Tais dificuldades foram ultrapassadas com o uso de parataxonomistas que fazem a triagem de amostras em morfoespécies usando táxones de níveis hierárquicos

superiores ao da espécie (Borges *et al.*, 2002). Verificou-se uma relação positiva entre a riqueza de morfoespécies e géneros e a riqueza de espécies (Borges *et al.*, 2002; Pik *et al.*, 1999). A técnica que usa o conceito de morfoespécie aplica nomes substitutos para as espécies encontradas. Esta abordagem envolve a criação de uma coleção de todas as espécies encontradas no estudo. Os mesmos indivíduos de uma espécie encontrados em diferentes amostras recebem o mesmo nome morfoespécie, deixando o investigador estudar a biodiversidade sem estar na posse da verdadeira identificação da espécie e atingindo resultados mais rápidos e bastante precisos (Gerlach, Samways e Prike, 2012). Para Hill (1994) é bastante importante a locomoção dentro das classificações da fauna do solo, segundo as suas dimensões. Assim, as classificações são: macrofauna (2-20 mm), mesofauna (2 mm-200 µm), que passam entre as partículas do solo sem causar distúrbio e microfauna (inferior a 200 µm), que nadam em filmes de água entre as partículas do solo. Os grupos mais comuns dos habitantes do solo são os Hexapoda não-insetos, insetos primitivos e sem asas, várias ordens de insetos Pterigota incluindo Blattodea (baratas e térmitas), Dermaptera (bicha-cadela), Coleoptera (besouros e outros) e Hymenoptera (formigas e algumas vespas). Os estados imaturos de muitos insetos, incluindo besouros (Coleoptera), moscas (Diptera) e traças (Lepidoptera) podem ser muito abundantes no solo e entre os detritos. Os insetos do solo têm variações morfológicas. As larvas de alguns insetos têm patas bem desenvolvidas para permitir o movimento ativo. Alguns apresentam os olhos reduzidos e ausência de asas, facto que talvez seja compensado pelo salto como meio de escapar à predação (Gullan & Cranston, 2014).

Grupos tróficos

“Os artrópodes constituem as formas de vida dominante no planeta Terra. Estes seres vivos, apelidados por Wilson (1987) de “... as pequenas coisas que dirigem o mundo”, desempenham um papel de primordial importância nos ecossistemas. Por exemplo, os decompositores (e.g. crustáceos terrestres, ácaros, diplópodes, colêmbolos e alguns grupos de insectos, como as moscas) consomem quantidades significativas de partes de plantas mortas, excrementos e carcaças de animais, desempenhando um papel importante na reciclagem de nutrientes. Os predadores (e.g. centopeias, aranhas, pseudo-escorpiões, opiliões, ácaros e vários grupos de insetos como os carabídeos, estafilinídeos, crisopas, algumas formigas, vespas), os parasitóides e os fitófagos (ácaros, vários grupos de insetos como os gafanhotos, grilos, tripes, percevejos, cigarrinhas, afídeos, borboletas, traças e alguns grupos de escaravelhos) têm um papel

fundamental nas cadeias tróficas terrestres, alimentando-se, respetivamente, de uma grande quantidade de outros artrópodes e de plantas. Por sua vez, todos estes grupos, em maior ou menor escala, integram as cadeias alimentares de numerosos grupos de vertebrados (anfíbios, répteis, aves e mamíferos) e até de algumas plantas, designadas genericamente por carnívoras ou insectívoras. Os polinizadores, tais como as abelhas, as vespas e outros grupos de insetos (besouros, moscas, borboletas) contribuem para a reprodução cruzada das plantas com flor (angiospérmicas)” (Borges, 2010). Os insetos que se alimentam das raízes (rizófagos) talvez constituam as maiores pragas na agricultura (Gullan & Cranston, 2014). O hábito alimentar dos imaturos (ninfas e larvas) para a inclusão de uma espécie num determinado grupo trófico parece ser adequado, já que se observa a maior ingestão de alimento necessário para o crescimento e formação de todos os órgãos do adulto, incluindo os reprodutores (Crowson, 1981).

Ecologia e serviços do ecossistema

Os serviços ao ecossistema prestados pelos artrópodes do solo são vitais para a sua funcionalidade. A mineralização da matéria orgânica, reciclagem de nutrientes, regulação do ciclo da água, construção da estrutura do solo e o seu papel na regulação da proteção das culturas são alguns que se podem enumerar. Os microartrópodes (ácaros e colêmbolos) estão muito ativos na decomposição da matéria orgânica fazendo a sua conversão física e química em substratos passíveis de serem usados por outros organismos. Formigas e térmitas alteram a estrutura, composição mineral, orgânica e os processos hidrológicos do solo. Os aracnídeos e diversos géneros de coleópteros exercem as suas funções de predadores de pragas, constituindo-se como auxiliares da atividade agrícola (Fareleira *et al.*, 2021).

Bioindicadores

Existe um número variado de critérios para que um indicador ecológico se torne eficaz. Entre eles, uma resposta sensível às mudanças ambientais, parâmetros de viabilidade, facilidade de captura, abundantes e com estabilidade taxonómica. Bioindicadores são táxones ou grupos funcionais que refletem o estado do ambiente. Podem ser indicadores ambientais (indicam alterações das condições), indicadores ecológicos (indicam *stress* do ecossistema) ou indicadores de biodiversidade (indicam diversidade taxonómica) (Bazelet & Samways, 2011). A classe Arachnida, nos seus diferentes grupos, é proposta como bioindicadora (Schwerdt, Villalobos & Miles, 2018). Esta

classe, também inclui microartrópodes da fauna edáfica no grupo Acari. Os ácaros, juntamente com Collembola, representam 95%, em número, dos artrópodes. Algumas subordens de Acari, nomeadamente Oribatida, são predadores de Collembola (fungívoros e detritívoros). A ligação destes dois organismos na cadeia trófica, através das suas razões de abundância, é amplamente usada em estudos de saúde e qualidade do solo (Lupardus *et al.*, 2021). Os opiliões podem atuar como controladores biológicos e são um grupo com grande valor indicativo. Em regiões temperadas, estão entre os grupos mais claramente afetados pelas alterações ambientais (Merino & Prieto, 2015). Paoletti e Hassall (1999) citam o grupo Isopoda como um regulador-chave da decomposição e reciclagem de nutrientes no ambiente, com a sua intensidade a diminuir em paisagens agrícolas e silvoculturais intensamente trabalhadas. Chilopoda (centopeias) é um grupo de predadores que atua como regulador de populações de decompositores. Temperatura e humidade parecem ser os fatores mais influentes neste grupo e em Diplopoda (milípedes) (Menta *et al.*, 2020). A ordem Orthoptera é considerada eficaz como bioindicadora em pastagens já que estes espécimes estão sujeitos a uma regulação “*bottom-up*” e de acusarem diretamente as perturbações das coberturas do solo (Bazelet & Samways, 2011). Os dípteros apresentam, no estado larvar, funções no solo de decomposição e reciclagem de nutrientes, o que os torna bons indicadores. Existem em todos os grupos tróficos, mas variam com a profundidade, estando os decompositores na superfície e os predadores nas camadas mais profundas. A humidade do solo tem especial relevância para os dípteros e as atividades humanas da agricultura com mobilizações e drenagens são fatores negativos para estes organismos (Menta *et al.*, 2020). Os parasitóides são particularmente importantes como agentes de controlo biológico na regulação de insetos fitófagos. O cuidado com a vegetação em sistemas agrários pode incrementar o seu desempenho, diversidade e abundância das populações, contribuindo com abrigo e alimento (Marino & Landis, 2000). Formicidae é das famílias mais utilizadas como bioindicador devido à sua facilidade de identificação e ao facto de permanecerem num mesmo local, muitas vezes com comportamento social organizado (Peck, Macquaid & Campbell, 1998). Coleoptera são a ordem de insetos com maior número de espécies, variando na ocupação de diferentes *habitats* algumas espécies são especialistas (Menta *et al.*, 2020). Cerca de 500 famílias e subfamílias são conhecidas (Gullan & Cranston, 2014). As espécies pertencentes à família Carabidae são usadas em muitos estudos. Fortemente sensíveis às alterações antrópicas nas comunidades do solo, são adequados como bioindicadores nos ecossistemas agrários. No entanto, a variação sazonal e o elevado número de espécies generalistas são as características que lhes retiram algum valor como

indicadores biológicos do solo e lhes conferem mais aptidões como sinalizadores do ambiente que os rodeia (Menta *et al.*, 2020; Butovsky, 2011). Alguns Scarabaeidae ou besouros do esterco, alimentam-se dos componentes líquidos dos microrganismos que habitam o esterco dos mamíferos. Muito importantes na reciclagem de nutrientes e na produtividade das plantas, contribuem para minimizar as perdas de azoto, aumentando a fertilidade dos solos, a mineralização e o incremento de bactérias nitrificantes. A sua atividade também se relaciona com o aumento da porosidade e arejamento do solo, principalmente naqueles que escavam túneis. Os hábitos do enterramento de excrementos implicam uma atividade de dispersar sementes com efeitos positivos contra os predadores de sementes e a mortalidade devido aos efeitos de densidade e competição. Outros serviços como regulação trófica, polinização e controle de moscas enquadram esta família como importantes prestadores de serviços ao ecossistema (Nichols *et al.*, 2008). Os Hexapoda (da classe Entognatha) Protura e Diplura são os grupos que menos ocorrem na fauna edáfica do solo. São também aqueles de que menos se sabe. Alguns estudos são conclusivos sobre os efeitos negativos dos ambientes com distúrbios antropogénicos e desflorestados, na medida em que se revelam mais pobres nos seus efetivos (Menta *et al.*, 2020). Diferentes comunidades de Collembola têm sido usadas como bioindicadores em estudos de poluição e impactos da gestão no uso da terra. Estes organismos revelam-se importantes na fragmentação, decomposição, mineralização da matéria orgânica e produção de matéria fecal. A sua presença ajuda a prever e controlar as ações de bactérias, fungos, nemátodes e protozoários. A sua distribuição varia verticalmente com diferente taxa (Machado *et al.*, 2019), mas alguns grupos apresentam relações com o ambiente da rizosfera (Menta, 2020). Este enquadramento taxonómico e uma criteriosa análise dos agrupamentos tróficos (grupos funcionais) permitem avaliar o estado biótico e o equilíbrio dos ecossistemas. Estes agrupamentos tróficos que têm em comum táxon uma estratégia alimentar são, em alguns casos difíceis de determinar, pois poderá encontrar-se dentro dessas famílias vários agrupamentos tróficos exigindo, muitas vezes, identificação de nível taxonómico inferior. Este é o caso dos dípteros e alguns Hymenoptera (Menta, 2018).

Amostragem

Um dos métodos de amostragem de insetos reside na utilização de armadilhas “*pitfall*”. A interceção dos artrópodes ativos do solo é feita através de recipientes enterrados no solo, contendo um líquido com nível baixo de volatilização, normalmente etilenoglicol e

água. A probabilidade de captura de um inseto individualmente (*trappability*) é afetada pela complexidade da vegetação e/ou pelo substrato que rodeia a armadilha. Outros fatores devem ser tomados em conta como os níveis de atividade, comportamento e tamanho. Assim a razão das capturas varia com a densidade populacional e a probabilidade de captura do inseto, devendo os estudos comparativos da abundância de espécies considerar estas variações (Gullan & Cranston, 2014). A amostragem do solo a alguma profundidade (com sonda) é uma fase bastante importante quando se pretende fazer a aplicação do Índice QBS-ar. A importância do local e período de amostragem está relacionada com a biologia da fauna do solo. Devem-se evitar as condições edáficas e climáticas dos períodos secos que causam migração vertical, imobilização e estivação dos microartrópodes do solo (Menta *et al.*, 2018).

1.4 – Objetivos

Este estudo, tem como objetivo preencher algumas lacunas do conhecimento nesta área. Não está completamente esclarecido o processo de resposta da biodiversidade às práticas agrícolas, nem a forma como estas realmente beneficiam a saúde do solo (Tsiafouly *et al.*, 2015). Por outro lado, a eficácia dos serviços do ecossistema fornecidos pelas culturas de cobertura (CC) varia muito e não se compreende inteiramente o seu efeito sobre a biota do solo (Baize *et al.*, 2022). São raros os trabalhos feitos com o melhoramento das características destas espécies (Griffits *et al.*, 2021) e selecionar tipos de CC, quantificando o seu efeito na qualidade e saúde do solo, apresenta-se como um desafio importante dentro da temática atual da agricultura de conservação. Neste trabalho são estudados os efeitos destas três modalidades de CC (*Raphanus sativus* L., Consociação, Azevém inoculado) em comparação com a vegetação espontânea (Testemunha) na biodiversidade de artrópodes, avaliada pela diversidade e abundância de morfotipos em alguns taxa representativos de grupos funcionais de artrópodes de solo e por indicadores ecológicos. Pretendeu-se também comparar estas CC através de um Índice de Qualidade Biológica do Solo (QBS-ar), para o qual se procedeu a amostragem de artrópodes através de sonda de profundidade. A nossa hipótese nula é de que terão mais biodiversidade as três culturas de cobertura testadas do que a parcela Testemunha. Os dois estudos completam-se e contribuem para avaliar e quantificar os impactos do uso destas práticas na saúde e qualidade dos solos. Este trabalho insere-se no projeto GO “MaisSolo” cujo objetivo é o de aumentar a biodiversidade do solo e contribuir para a conservação do solo. Os resultados são, também, importantes para a empresa Fertiprado, responsável pela seleção de

variedades mais adaptadas para CC e pela inoculação de estirpes de rizóbios. Estas técnicas são hoje largamente utilizadas nestas CC. Estes resultados permitem aprofundar o conhecimento das CC no aumento da biodiversidade e uso de bioindicadores, validando e promovendo estas práticas na atividade agrícola e contribuindo para a recuperação e conservação dos solos degradados. Seja a escolha das CC, sejam fatores climáticos, seja a gestão dos métodos usados ou a produção de biomassa, considera-se importante poder sistematizar e perceber como maximizar os resultados pretendidos para melhor aconselhar os agricultores (Carmona *et al.*, 2021) na conservação da qualidade e saúde do solo.

2- Material e métodos

2.1 – Área de estudo

Foram usados, neste estudo, alguns dos campos piloto que integram o projeto “GO MaisSolo” localizados na região do Ribatejo, perto da localidade de Golegã. Os primeiros ensaios para o projeto “GO MaisSolo” realizaram-se no outono de 2016 e têm continuado até ao momento presente. O estudo efetuado em dois destes campos pilotos constitui o trabalho prático desta dissertação. O primeiro campo situa-se na Quinta de São João de Brito (SJB) (*pivot* nº6), no local de Labruja, concelho da Golegã, distrito de Santarém, com as coordenadas geográficas: 39°24'30,46"N, 8° 27'12,56"W. O segundo campo instalado em Casal das Freiras (CDF) na localidade de Riachos, no mesmo concelho, tem as coordenadas 38°59'4,58"N, 8°52'35,69"W (Fig.1).



Figura 1 – A. Mapa de Portugal com a região do Ribatejo realçada a verde. Fonte: <https://www.visitribatejo.pt/pt/mapa-do-ribatejo/conheca-o-ribatejo/>; B. Localização no mapa dos dois campos: Casal das Freiras e São João de Brito, no local da Golegã e distrito de Santarém. Fonte: <https://www.google.com/maps/place/>

As subparcelas atribuídas a cada uma das modalidades de CC testadas (ver 2.3.) durante os anos em que decorreram estes ensaios, em São João de Brito, foram sempre localizadas nos mesmos locais, marcados através de georreferenciação (Fig.2A e Fig.2C). No campo de Casal das Freiras (Fig. 2B) apenas se conhece a georreferenciação das subparcelas para o ano deste estudo.

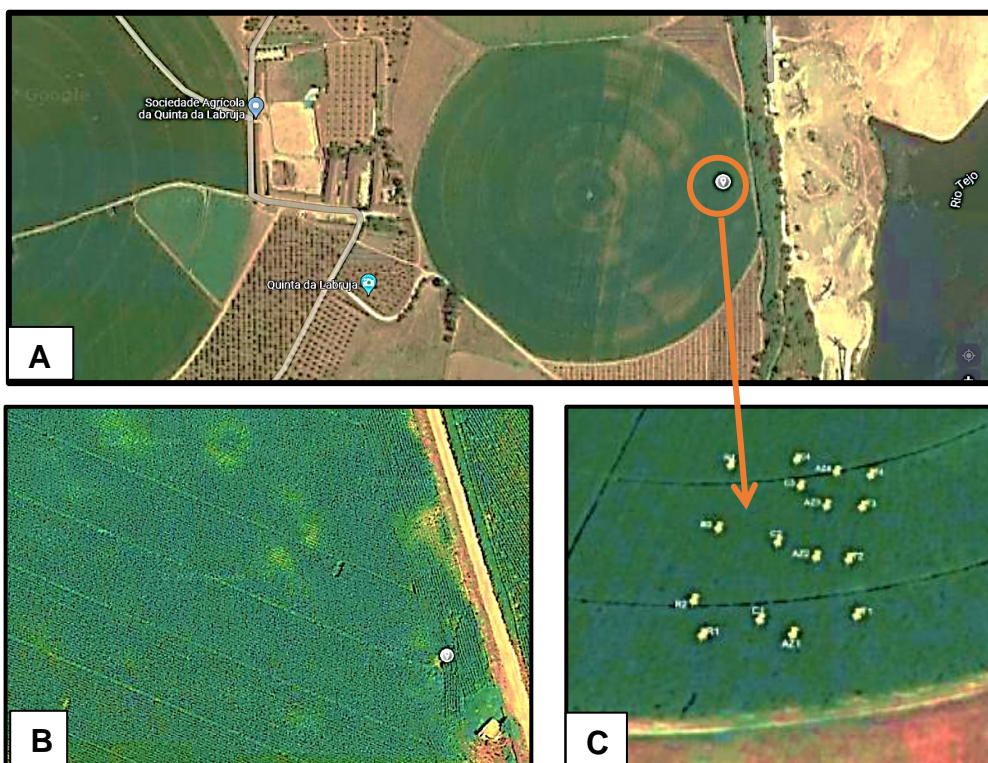


Figura 2 – Fotografia aérea dos campos. A – São João de Brito (SJB). B – Casal das Freiras (CDF) C – Disposição das armadilhas em São João de Brito Fonte: <https://www.google.com/maps/place>

O clima da região de Santarém é do tipo C2, subtipo Csa (classificação de Thorthwaite), ou seja, clima temperado com verão quente e seco (sub-húmido), eficiência térmica nula ou pequena e com excesso de água no inverno.

A análise das Figs. 3 (temperatura) e 4 (precipitação) que correspondem às normais climatológicas para o período de 1981-2010 permitem comparar as variações registadas para o período em que decorreram a maior parte das amostragens nestas variáveis (janeiro/2022) descritas nos Quadros 1 e 2. Observa-se que para a média da temperatura máxima (TX) foi superior em todos os meses com exceção do mês de março. Os meses de maio e julho tiveram valores aproximados superiores a mais 6° C. A temperatura mínima teve a sua maior variação no mês de maio com 1,8 ° C acima do normal. Estes valores mostraram um período muito quente em relação às normais climatológicas. Os valores para a precipitação total demonstram um ano de seca, apenas com precipitação significativa em março (97 mm), abril e junho.

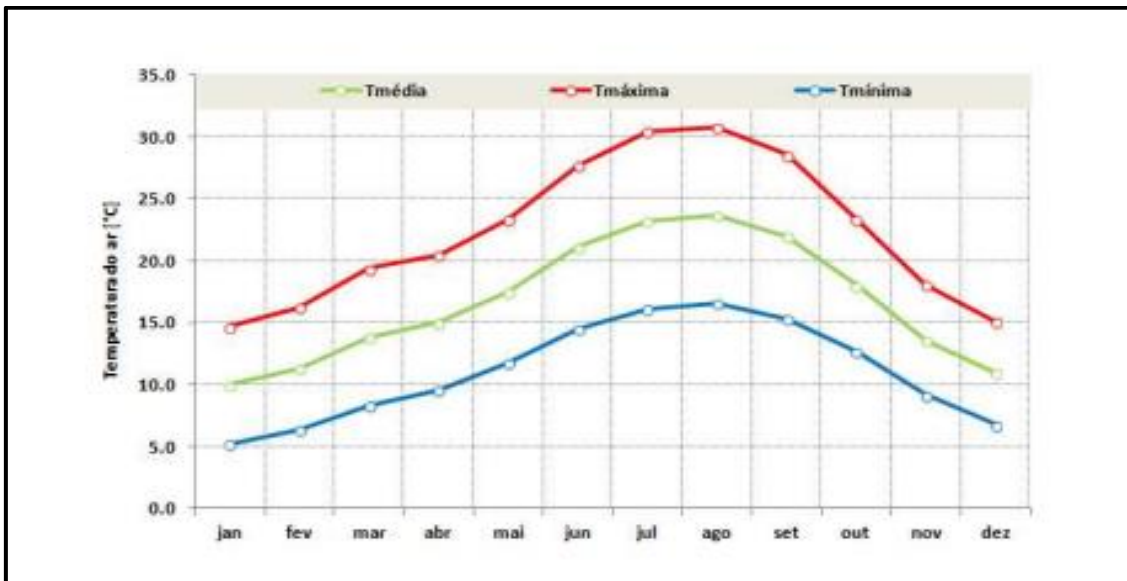


Figura 3 – Normal climatológica para o período de 1981-2010 na estação de Fonte Boa do IPMA em Santarém – temperatura.

Quadro 1 – Valores das médias da temperatura máxima (TX), média (TT) e mínima (TN) durante o período janeiro até agosto em 2022 na estação de Fonte Boa, Santarém.

| 2022 | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| TT (°C) | 11,4 | 13,4 | 13,6 | 15,5 | 21,5 | 21,8 | 27,1 | 25,1 |
| TX (°C) | 16,5 | 19,6 | 18,3 | 21,3 | 29,3 | 28,5 | 36,8 | 33,7 |
| TN (°C) | 6,4 | 7,2 | 9,0 | 9,8 | 13,7 | 15,1 | 17,3 | 16,6 |

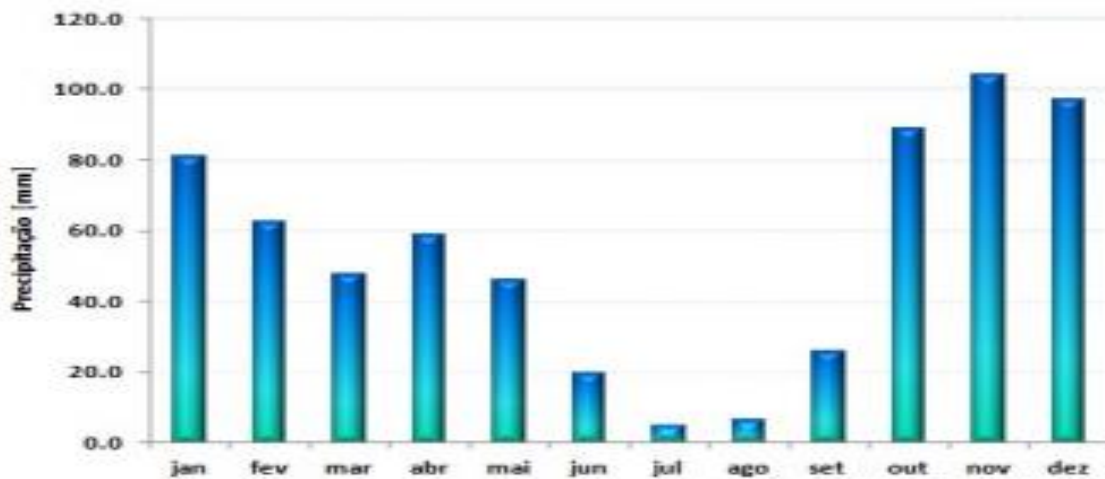


Figura 4 – Normal climatológica para o período de 1981-2010 na estação de Fonte Boa do IPMA em Santarém - precipitação.

Quadro 2 – Valores da precipitação total registada durante o período janeiro até agosto em 2022 na estação de Fonte Boa, Santarém

| 2022 | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO |
|-----------|-----|-----|------|------|-----|------|-----|-----|
| Prec.(mm) | 8,0 | 2,9 | 97,6 | 36,2 | 2,8 | 22,7 | 0,0 | 0,0 |

2.2 – Caracterização físico-química dos campos

Esta região do vale do Tejo (NUTS III da Lezíria do Tejo) embora contenha algumas manchas de Regossolos apresenta predomínio de solos designados por Fluviissolos (Fig.5), sendo esta a classificação atribuída aos dois campos que se situam muito próximos (Cardoso, 1978).

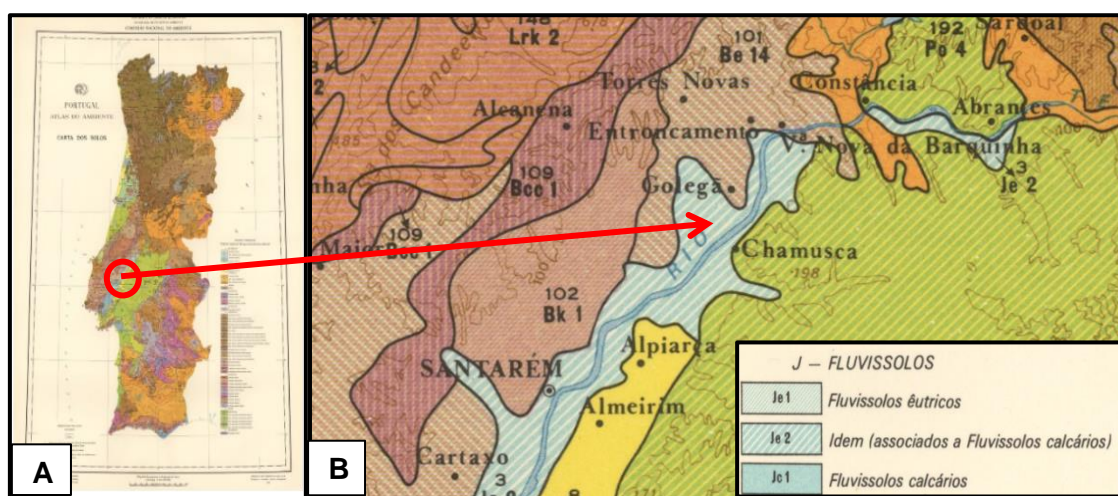


Figura 5 – A – Carta de solos de Cardoso (1978) B – Ampliação da zona da Golegã, na Lezíria do Tejo, mostrando os Fluviissolos nos campos São João de Brito e Casal das Freiras.

As determinações, realizadas no Laboratório de Solos da Escola Superior Agrária de Santarém, revelaram que ambos os campos apresentam textura franca. Em São João de Brito, as percentagens de areia, limo e argila foram respetivamente 63,6%;17,3% e 19,1%. No campo de Casal das Freiras foram, pela mesma ordem, 65,0%; 20,0% e 15,0%. Os valores médios da análise sumária do solo para os parâmetros de pH, matéria orgânica do solo - MO (%), teor de P₂O₅ e K₂O assimilável (mg/kg) e o teor de calcário total (%) para o período de 2017-2018 a 2021-2022, nos dois campos estão apresentados no Quadro 3. No campo Casal das Freiras não se obteve valores no primeiro ano por ainda não constar da lista de campos usados nos ensaios. A interpretação do quadro revela que o pH (H₂O) variou entre 8,2 (solo pouco alcalino) em São João de Brito e 5,6 (solo pouco ácido) em Casal das Freiras. Os teores de MO são considerados baixos a muito baixos, com 1,2% de valor mínimo em Casal das Freiras. Os teores de K₂O e P₂O₅ foram considerados elevados e o valor inferior a 2% relativo

ao calcário total (% CaCO₃) coloca estes solos na categoria de não calcários. Outros dos parâmetros analisados foram as Bases de Troca (BT) e a Capacidade de Troca Catiônica (CTC). Os resultados apresentaram um Grau de Saturação em Bases muito alto nos dois locais. No entanto, os valores da CTC foram considerados médios em São João de Brito e baixos em Casal das Freiras.

Quadro 3 – Análise sumária do solo para o pH, matéria orgânica do solo - MO (%), teor de P₂O₅ e K₂O assimilável (mg/kg) e o teor de calcário total (%) para o período de 2017/2018 a 2021/2022, nos campos São João de Brito e Casal das Freiras. (Projeto MaisSolo)

| Parâmetros | Anos | Campos piloto | |
|---------------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|
| | | São João de Brito (SJB) | Casal das Freiras (CDF) |
| pH | 2017/2018 | 8,2 | nd ⁽¹⁾ |
| | 2018/2019 | 7,8 | 6,0 |
| | 2019/2020 | 7,9 | 5,6 |
| | 2021/2022 | 8,1 | 5,9 |
| MO (%) | 2017/2018 | 1,7 | nd |
| | 2018/2019 | 1,6 | 1,2 |
| | 2019/2020 | 1,6 | 1,9 |
| | 2021/2022 | 1,4 | 1,4 |
| P ₂ O ₅ (mg/kg) | 2017/2018 | 449 | nd |
| | 2018/2019 | 446 | 121 |
| | 2019/2020 | 733 | 123 |
| | 2021/2022 | 345 | 112 |
| K ₂ O (mg/kg) | 2017/2018 | 215 | nd |
| | 2018/2019 | 176 | 231 |
| | 2019/2020 | 197 | 182 |
| | 2021/2022 | 106 | 61 |
| Calcário total (%) | 2017/2018 | 0,5 | nd |
| | 2018/2019 | 0,5 | 0,0 |
| | 2019/2020 | 0,0 | 0,0 |
| | 2021/2022 | 0,4 | 0,0 |

(1) nd – Não determinado

2.3 – Delineamento experimental

Para o estudo do efeito das CC (variável independente) na biodiversidade dos artrópodes da superfície do solo (variável resposta) consideraram-se quatro modalidades de cobertura: testemunha (vegetação espontânea), consociação (gramíneas com leguminosas, da empresa Fertiprado, de que não se conhece totalmente a composição – ver quadros 4 e 5), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e *Raphanus sativus* L. Foram efetuadas amostragens em quatro datas (09/02/2022, 07/06/2022, 06/07/2022 e 03/08/2022. Devido à interferência que a sazonalidade e os ciclos de vida têm nos resultados decidimos analisar os resultados de cada data separadamente. Foram recolhidas quatro amostras em cada uma das quatro

modalidades. Assim, no total das quatro datas de amostragem recolheram-se no total 64 amostras no campo de São João de Brito. A primeira amostragem no campo de Casal das Freiras (CDF) não se efetuou devido a problemas técnicos com a empresa agrícola. As amostras foram recolhidas com armadilhas de “*pitfall*” (ver 2.7). No caso do estudo relativo ao índice QBS-ar (Soil Biological Quality-arthropod) com amostras de solo e análise de microartrópodes, retirou-se apenas uma amostra por modalidade nas mesmas quatro datas de amostragem, obtendo-se um total de 16 amostras. Embora a amostragem de cada uma das modalidades ter sido feita com sonda e retirando 10 vezes o solo em cada modalidade, estas subamostras foram depois misturadas no mesmo saco, constituindo uma só amostra mais representativa de toda a parcela. A ausência de réplicas permite apenas considerar estes dados como um complemento do estudo, mas não permite análise estatística. Na Figura 6 podemos observar o esquema, nos dois campos, de cada uma das modalidades.

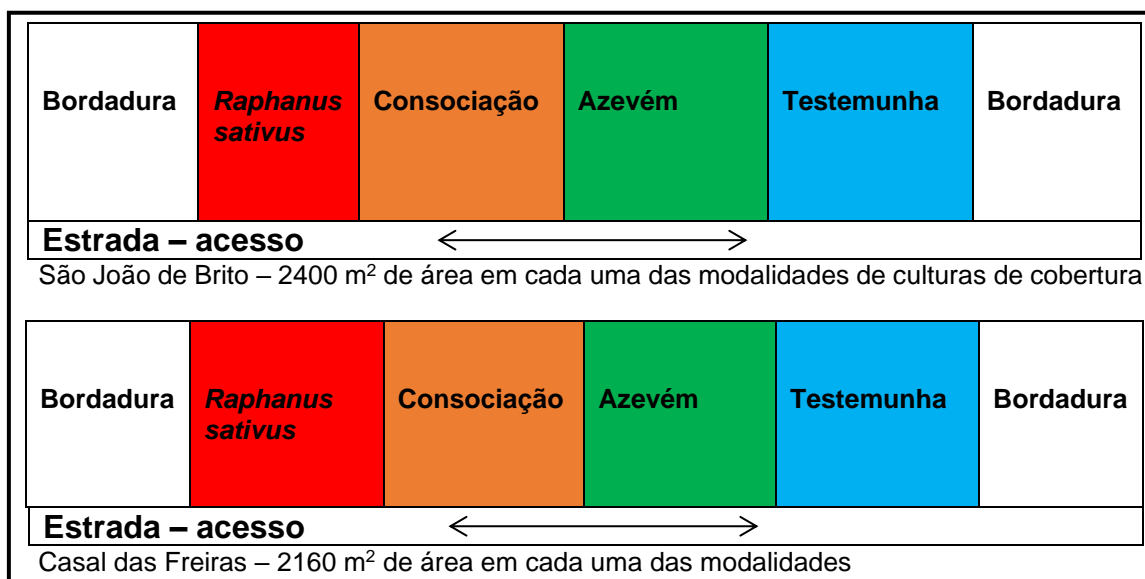


Figura 6 – Distribuição das modalidades testadas em cada um dos campos.

2.4 – Culturas de cobertura

As CC testadas neste ensaio foram idênticas aos anos anteriores, no mesmo projeto. O delineamento experimental, como se referiu, apresentava quatro modalidades de cobertura (Consociação, *Raphanus sativus*, Azevém e Testemunha). As sementes de algumas leguminosas foram inoculadas com rizóbio na própria empresa produtora das sementes (Fertiprado). Não obtivemos acesso à informação das espécies que

receberam estas inoculações nem sobre pormenores acerca do rizóbio. Estas consociações ricas em leguminosas e gramíneas, apresentavam-se como as misturas biodiversas mais adequadas e mais adaptadas à ecologia do sistema produtivo intensivo da região do Vale do Tejo (Fareleira *et al.*, 2021). A criteriosa seleção destas sementes, diferente para cada um dos campos, foi feita considerando as condições edafoclimáticas e a sua diversidade genética. A escolha de variedades de ciclo curto foi valorizada para que não interferisse com o ciclo da cultura principal. As espécies da Consociação, em cada um dos campos, encontram-se indicada nos Quadros 4 e 5, contudo, a percentagem de cada espécie não foi indicada pela empresa fornecedora (Fertiprado). Os Anexos 1 e 2 contêm informação mais detalhada sobre estas culturas. A escolha das culturas de cobertura foi feita pelo que a seguir se expõe. Algumas variedades de *Raphanus sativus* (Fig.7A e Fig.7B) são usadas como nematodocida para combater nemátodes inimigos das culturas e com comprovado aumento da produção. Esta estratégia revela-se de enorme importância com o aumento da importância de nemátodes fitopatogénicos e com a crescente retirada do mercado de muitos das substâncias ativas nematodocidas. O azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) (Figs. 7C e 7D) foi escolhido para outra das modalidades testadas por ser uma gramínea forrageira que tem grande expressão no nosso país, muito usada como cultura intercalar do milho e favorecer elevada atividade de microrganismos do solo devido ao seu desenvolvimento radicular superficial. A consociação de gramíneas e leguminosas (Fig.8) permite aliar benefícios destes dois grupos de plantas já expostos atrás.

2.6 – Instalação das culturas de cobertura e principais

Culturas de cobertura

No campo de Casal das Freiras, antes da sementeira de outono das culturas de cobertura, foi utilizado um “chizell” para rasgar o terreno em profundidade, após o período seco do verão e incorporar os restos de detritos orgânicos. Em 07/01/2022, foi usado um semeador pneumático em linha para proceder à sementeira de três das quatro modalidades do projeto: três culturas de cobertura (azevém, *Raphanus sativus* e a consociação de gramíneas com leguminosas). As densidades de sementeira foram 25 kg/ha para *Raphanus sativus*, 40 kg/ha para a consociação e 35 kg/ha para o azevém. Na quarta modalidade da testemunha apenas foi permitido o desenvolvimento da vegetação seminatural sem qualquer sementeira. A parcela da Testemunha e *Raphanus sativus* receberam em 14/02/2022 a aplicação do herbicida glifosato (Touchdown,

Syngenta). A dose aplicada foi 5 L/ha. Logo em seguida em 16/02/2022 a consociação e azevém foram submetidos a uma gadanha e enfardados. As parcelas de *Raphanus sativus* e Testemunha foram cortadas com um destroçador em 17/02/2022 e, em seguida, enfardou-se *Raphanus sativus*. Uma grade de discos fez a incorporação dos detritos seguida do uso de um rototerra em todas as subparcelas a 17/03/2022.

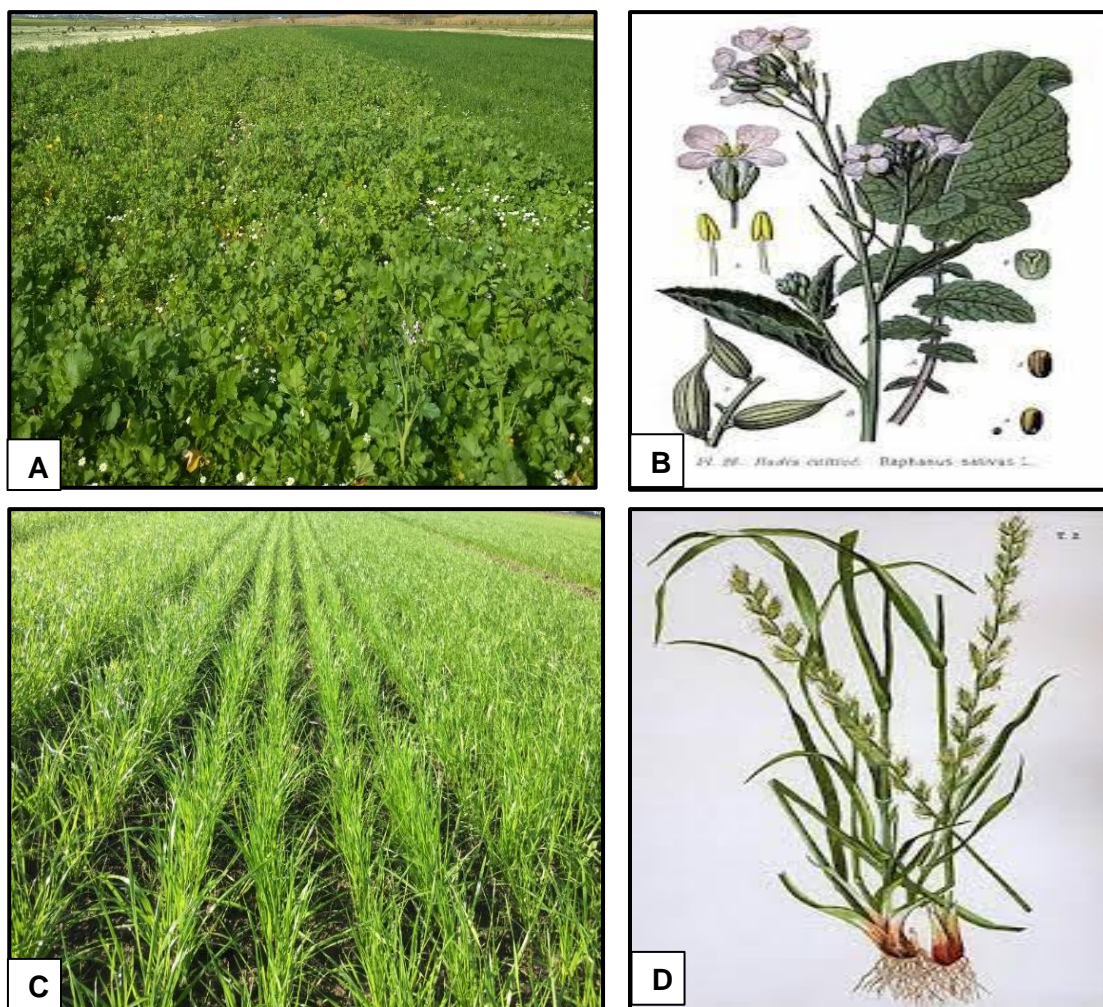


Figura 7 – A – Cultura de cobertura de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) instalada num dos campos do projeto MaisSolo, Fonte: Godinho, 2021 / B – *Rhaphanus sativus*, Fonte: <https://powo.science.kew.org/taxon> (acedido a 07/09/2022) / C – Cultura de cobertura de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) instalada num dos campos do projeto MaisSolo, Fonte: Godinho, M., 2021 / D – *Lolium multiflorum* Lam., Fonte: *Lolium multiflorum* - Wikipedia, la enciclopedia libre (acedido em 07/09/2022).

Quadro 4 – Espécies que entraram na composição da mistura de sementes da modalidade Consociação em São João de Brito. Dados fornecidos pela empresa Fertiprado

| Nome comum | Nome científico |
|---------------------|------------------------------|
| aveia-estrigosa | <i>Avena strigosa</i> |
| azevém-anual 2 anos | <i>Lolium multiflorum</i> |
| ervilhaca-comum | <i>Vicia sativa</i> |
| trevo-da-pérsia | <i>Trifolium resupinatum</i> |

Quadro 5 – Misturas de espécies de sementes na composição da Consociação em Casal das Freiras. Dados fornecidos pela empresa Fertiprado

| Nome comum | Nome científico |
|------------------|------------------------------|
| ervilhaca-comum | <i>Vicia sativa</i> |
| trevo-da-pérsia | <i>Trifolium resupinatum</i> |
| ervilhaca-peluda | <i>Vicia villosa</i> |
| triticale | <i>x Triticosecale</i> |
| cevada-híbrida | <i>Hordeum vulgare</i> |



Figura 8 – Cultura de cobertura da modalidade Consociação (de gramíneas e leguminosas), instalada num dos anos anteriores do projeto GO MaisSolo. Fonte: Godinho, 2021.

Culturas principais

A sementeira da batata (*Solanum tuberosum* L.) como cultura principal (Fig. 9) foi efetuada com um semeador a 19/06/2022. No início de julho, e após a emergência, foi

feita a amontoa, seguida da aplicação de um herbicida sistémico com ação residual contendo as substâncias ativas prosulfocarbe e metribuzina, (Arcade, Syngenta) (Syngenta, 2022). A dose aplicada foi de 4 L/ha. O sistema de rega usado foi com aspersores a 3 m de altura cada 18 m.



Figura 9 – A – Batata (*Solanum tuberosum*) Fonte: <https://www.dreamstime.com/elegant-natural-drawing-potato> (acedido em 06/11/2022) / B – Cultura principal da batata instalada no campo de Casal das Freiras (CDF). Fonte: Fotografia do autor em junho de 2022.

Em São João de Brito foi utilizada uma grade de discos seguida de um “ripper” e finalmente outra passagem de grade de discos, na preparação do terreno. Um semeador pneumático de 8 linhas efetuou as mesmas sementeiras em 17/11/2021, para os tratamentos acima descritos e nas mesmas densidades. Em 30/03/2022, as culturas de cobertura foram destroçadas e usadas para fenoilagem. Foi novamente utilizada uma grade de discos para incorporação e preparação da sementeira da cultura principal (Fig. 10), neste campo, o milho (*Zea mays* L.) pelo 2º ano consecutivo. Esta última operação foi realizada a 18/05/2022 por um semeador pneumático em linhas Horsh. A colheita foi efetuada a 27/10/2022. Este campo apresentava sistema de rega por pivot, facto que contrariou sempre condições de secura extrema, mesmo em período de estio. No entanto, a rega por *pivot* na cultura do milho origina alguns períodos de alagamento do solo e esta situação poderá influenciar amostras retiradas num momento de excesso de água no solo.

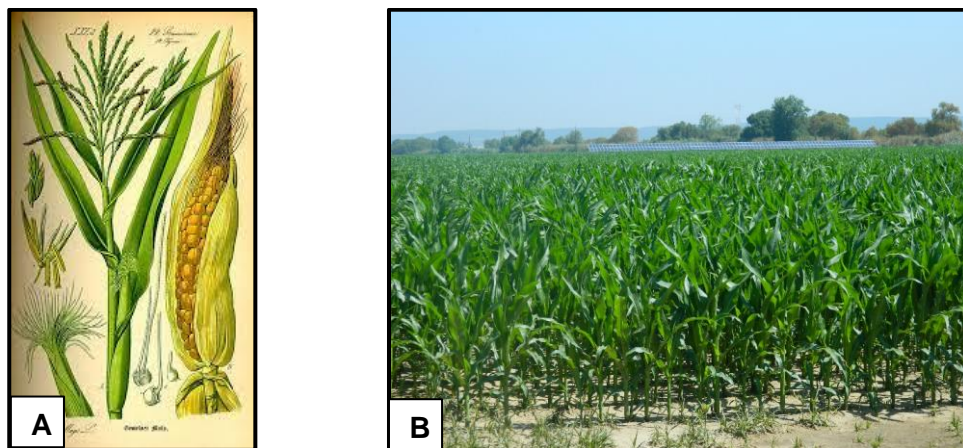


Figura 10 – A – milho (*Zea mays* L.) Fonte: <https://br.pinterest.com/pin> (acedido em 16/11/2022) / B – Cultura principal de milho instalada no campo de São João de Brito (SJB). Fonte: fotografia do autor.

2.7 – Artrópodes capturados por armadilhas “*pitfall*”

2.7.1 - Trabalho de campo

Para a colheita dos artrópodes, foram usados recipientes cilíndricos de vidro (com um volume de 330 ml) como armadilhas de queda ou “*pitfall*” (Fig.11A). No seu interior foi colocado cerca de 100 ml de uma mistura de etilenoglicol com água destilada a 50%. As armadilhas encontravam-se protegidas através de um prato suspenso acima da entrada e com um dispositivo de quatro grandes pregos que a fixavam ao solo (Fig. 11B). Esta foi a estratégia que se encontrou para evitar que a rega de pivot ou de aspersor, assim como a pluviosidade, interferisse com a armadilha. Em cada uma das quatro modalidades foram instaladas quatro armadilhas com um espaçamento de aproximadamente 5 m. No total foram recolhidas 16 armadilhas por campo, em cada um dos períodos de amostragem (09/02/2022, 07/06/2022/, 06/07/2022 e 03/08/2022). Estas, permaneceram no campo 7 dias. Após este período, foram recolhidas, etiquetadas, fechadas e transportadas para o laboratório da Escola Superior Agrária de Santarém (ESA). Considerou-se sempre o efeito bordadura do campo e a proximidade de caminhos iniciando-se a instalação da primeira armadilha a uma distância de 5 m a 10 m da margem da subparcela. As armadilhas mais próximas da bordadura receberam a referência nº 1 e progressivamente ao longo da subparcela até à nº 4, a mais afastada da bordadura.

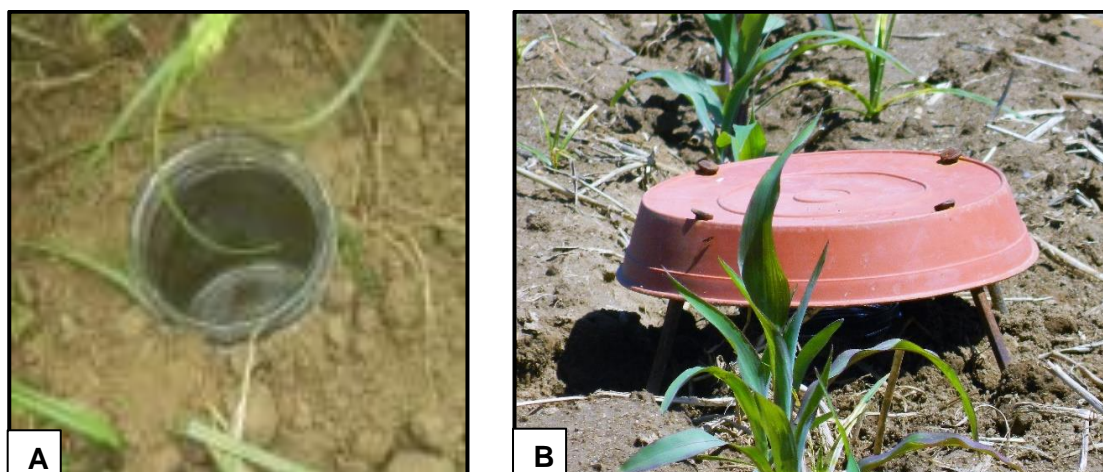


Figura 11 – A – Recipiente de vidro usado como armadilha “pitfall”. Fonte: fotografia do autor, em junho de 2022 / B – Dispositivo de cobertura do contentor de vidro para evitar interferências do sistema de rega e pluviosidade. Fonte: fotografia do autor.

2.7.2- Trabalho de laboratório

Separação por morfotipos, identificação, fotografia e preservação

O conteúdo das armadilhas “pitfall” que chegaram ao laboratório em frascos de vidro fechados e referenciados (Fig. 12A) foi filtrado. Após a filtração, em funil de plástico com papel de filtro (Fig. 12B), os artrópodes foram cuidadosamente separados (Fig. 12C) de quaisquer partículas presentes (quanto possível) e colocados em placas de Petri com uma base de papel de filtro devidamente referenciado com nº da repetição, posição, modalidade, data e campo correspondente (Fig. 13A).



Figura 12 – A – Frascos com 16 amostras referentes a uma data de amostragem num campo / B – Filtração do líquido conservante contendo as capturas de artrópodes / C - Separação em placas de Petri dos artrópodes após filtração. Fonte: Fotografias do autor.

O processo continuou com a análise através de microscópio estereoscópico NIKON SHZ800N (Fig.13B). A contagem para cada morfotipo/espécie de artrópode identificado foi registada em base de dados Microsoft Excel®.

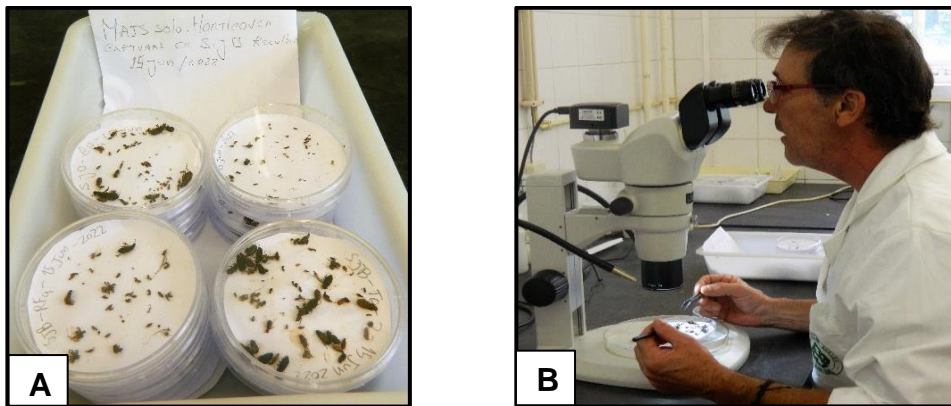


Figura 13 – A – Conservação em placas de Petri, devidamente referenciadas de todos os artrópodes encontrados após filtragem. Fonte: Fotografia do autor em julho de 2022 / B – Separação por morfotipos, em cada uma das amostras com recurso ao microscópio estereoscópico. Fonte: Foto de Pedro Cotta.

Após a separação por morfotipo, procedeu-se ao registo fotográfico e preservou-se o organismo em cápsulas de gelatina com 2 cm de comprimento ou alfinetando-o. As cápsulas de gelatina foram colocadas em grelhas sobre placa de esferovite fixadas com alfinete com a etiqueta do número de morfotipo (Fig. 14A e 14B). Os materiais usados nestes procedimentos encontram-se apresentados nas fotografias do Anexo 3.

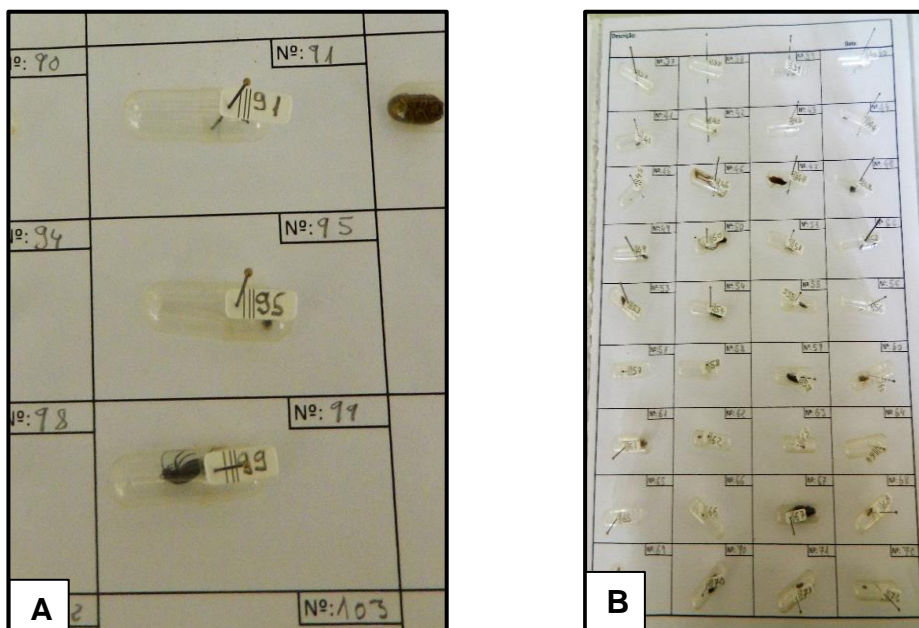


Figura 14 – A – Processo de conservação em cápsulas de gelatina com identificação do nº. de morfotipo. Fonte: Fotografia do autor em julho de 2022. B – Grelhas de conservação de toda a coleção de morfotipos encontrados. Fonte: Fotografia do autor.

Do mesmo modo, estabeleceu-se uma grelha de fotografias (Fig. 15A), em formato digital, com todos os morfotipos encontrados. Para o trabalho fotográfico usou-se o

microscópio estereoscópico mencionado anteriormente (Fig. 15C) com uma câmara instalada (Fig.15B) e o *software* ToupView para Windows. Cada um dos morfotipos foi fotografado em posição dorsal e ventral, sempre que possível (Fig. 15D). As grelhas de esferovite contendo todos os exemplares de cada morfotipo em cápsulas de gelatina e as placas de Petri com o resto das capturas foram, posteriormente, guardadas em caixas estanques. Na identificação foi seguido o critério para as ordens e famílias de Gullan & Cranston (2014).

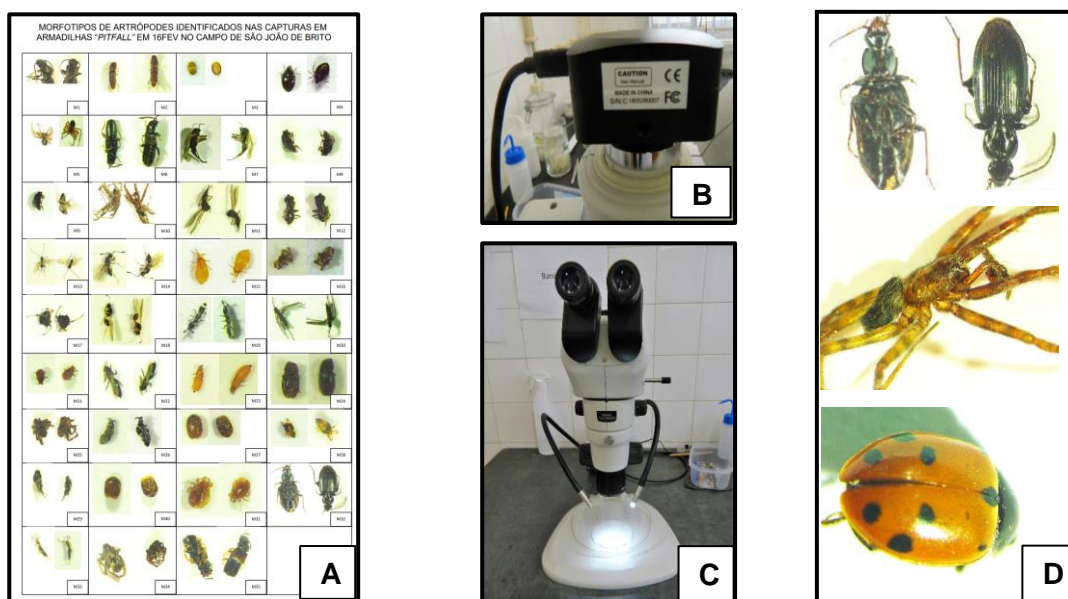


Figura 15 – A – Grelha de fotografias de morfotipos. / B – Câmara fotográfica instalada no microscópio estereoscópico / C – microscópio estereoscópico NIKON SHZ800N / D – Fotografias de morfotipos de Carabidae, Araneae e Coccinellidae. Fonte: Fotografia do autor.

A identificação foi efetuada, sempre que possível até ao táxon família (Fig. 16).

2.7.3 – Análise de dados

O Índice de diversidade de Shannon foi calculado para a totalidade das capturas em cada uma das réplicas através do programa R e Rstudio. A comparação das modalidades de cobertura foi efetuada por análise da variância ANOVA a um único fator (culturas de Cobertura) usando as variáveis-resposta: Abundância e Riqueza de morfotipos, para a totalidades das capturas e para os grupos de bioindicadores (Araneae, Carabidae e Formicidae) (Fig.17). O índice de Shannon apenas foi utilizado, considerando a totalidade das capturas e não especificamente para os bioindicadores. Para a posterior comparação múltipla de médias foi usado o teste SNK. Considerou-se $\alpha=0,05$. Para esta análise usou-se o programa estatístico GMAV5.






















| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| Araneae | Dermaptera | Neuroptera |
|  |  |  |
| Opiliones | Staphylinidae | Grilloidea |
|  |  |  |
| Acari | Carabidae | Braconidae |
|  |  |  |
| Isopoda | Chilopoda | Aphididae |
|  |  |  |
| Hymenoptera não Braconidae | Cicadidae | Thripidae |
|  |  |  |
| Formicidae | Diplura | Chrysopidae |
|  |  |  |
| Diptera | Collembola | Coccinellidae |

Figura 16 – Principais táxones identificados por morfotipos. Fonte: Fotografias do autor.

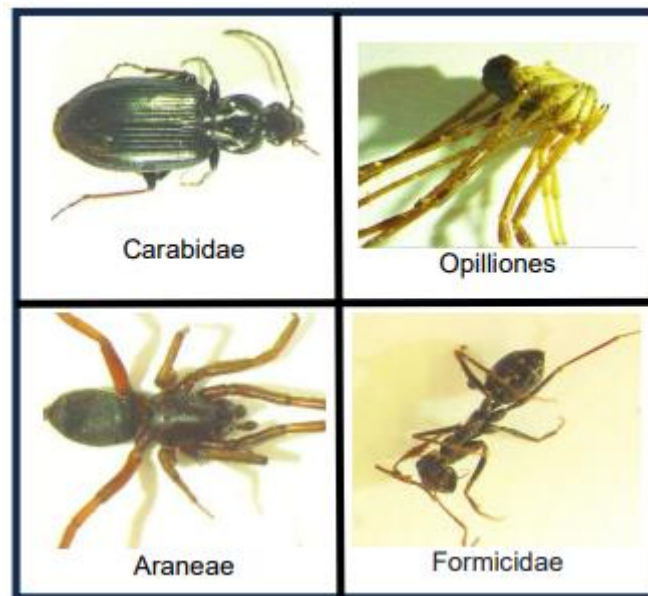


Figura 17 – Táxones usados como bioindicadores. Fonte: Fotografias do autor.

2.8- Artrópodes capturados por sonda de solo

2.8.1 – Trabalho de campo

Neste estudo as amostras de solo foram recolhidas através de uma sonda (Fig. 18A) com penetração no solo até entre 20 cm a 30 cm (Fig. 18B). As recolhas foram sempre feitas nos camalhões onde se encontravam as modalidades de cobertura e, posteriormente, nos camalhões onde se encontravam as culturas principais.

A amostragem foi efetuada em quatro datas, divididas entre a cultura de cobertura (09/02/2022) e a cultura principal (07/06/2022, 06/07/2022, 03/08/2022). Foram retiradas 10 subamostras de solo através de penetrações aleatórias ao longo de cada subparcela, nas quatro modalidades. Estas subamostras, recolhidas em cada tratamento, a 5 m da bordadura que limitava o início da subparcela, foram posteriormente homogeneizadas e guardadas num saco devidamente etiquetado. As amostras de solo foram transportadas para o laboratório da Escola Superior Agrária (ESA), em Santarém no mesmo dia.



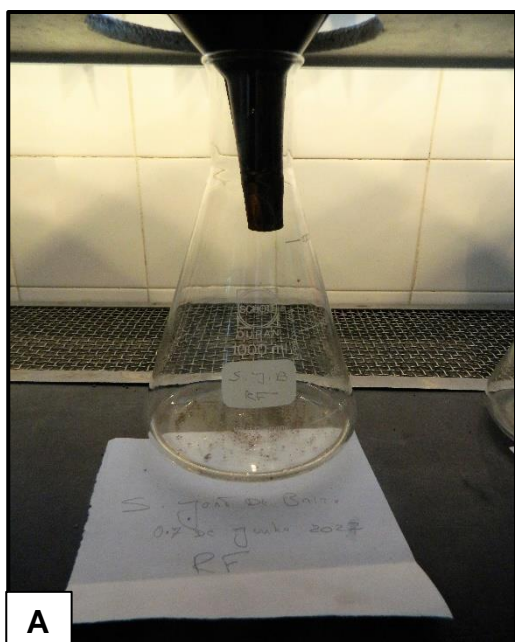
Figura 18 – A – Perfil da sonda de solo usada na amostragem Fonte: Fotografia do autor. / B – recolha da amostra Fonte: Fotografia de Pedro Cotta.

2.8.2 – Trabalho de laboratório

As amostras de solo foram colocadas em funis extratores de Berlese-Tüllgren (Fig. 19) após a sua recolha no campo. O extrator é composto por uma lâmpada incandescente (40–60 W) colocada 30 cm acima da amostra de solo, uma peneira (malha de 2 mm, 20 cm de diâmetro), um funil (plástico ou vidro), um recipiente com um líquido fixador (etanol a 70%). A lâmpada incandescente, ao secar gradualmente o solo, presente na peneira, cria uma condição muito adversa para a fauna do solo e força o movimento dos artrópodes para a camada mais profunda do solo, até caírem no recipiente sob o funil. No caso presente, a duração da extração foi de 7 a 9 dias. Após este período de tempo, o líquido fixador, contendo em imersão a fauna extraída (Fig. 20A), foi observado com lupa binocular para contagem, fotografia e identificação dos artrópodes. A câmara fotográfica e o *software* usado foram os indicados em 2.7.2. A preservação dos exemplares recolhidos foi efetuada colocando-os em tubos Eppendorf contendo um líquido conservante (etanol a 70%) (Fig. 20B).



Figura 19 – Instalação do funil de Berlese-Tüllgren na ESA (Escola Superior Agrária) para extração da fauna do solo.
 Fonte: Fotografia do autor.



A



B

Figura 20 – A – Detalhe da recolha de artrópodes no funil de Berlese-Tüllgren após cerca de 5 dias de exposição.
 Fonte: Fotografia do autor. / B – Preservação em tubos Eppendorf das amostragens em quatro datas diferentes em quatro modalidades e nos dois campos. Fonte: fotografia do autor.

Cada tubo foi etiquetado com a referência do campo, data de amostragem e modalidade. As anotações dos dados recolhidos referentes à taxonomia e formas ecológicas foram usadas na atribuição do Índice Ecológico Morfológico (EMI) (2.8.3).

2.8.3 – Análise de dados

Atribuição do Índice Ecológico-Morfológico (EMI)

Na determinação das formas ecológicas e atribuição do Índice Ecológico-Morfológico (EMI), após classificação em ordem/classe (Anexo 13), atribuiu-se o valor EMI atribuído entre 1 (sem adaptação ao solo) e 20 (máxima adaptação ao solo). A distribuição destes valores para os diferentes táxones encontrada neste estudo aparece descrito no Quadro 6.

Cálculo do Índice QBS-ar

O cálculo do índice QBS-ar resulta das somas dos índices de EMI, na amostra extraída. Sempre que dois valores diferentes de EMI sejam atribuídos ao mesmo táxon, para efeitos de cálculo do valor de QBS-ar, deve ser considerado o valor mais elevado. Foi considerado um valor limite de 93,7 acima do qual se iniciam classificações de elevada qualidade biológica do solo e abaixo desse valor se considera baixa qualidade biológica do solo (Menta *et al.*, 2018).

3- Resultados

3.1- Artrópodes capturados em armadilhas “pitfall”

3.1.1 – Abundância e Riqueza

Campo de São João de Brito (SJB)

Foram capturados um total de 1032 artrópodes e identificados 131 morfotipos, distribuídos principalmente nas classes Insecta (830) e Arachnida (179) (Fig. 21).

Quadro 6 – Atribuição do valor EMI (Índice Ecológico-Morfológico) por táxon para diferentes condições nos artrópodes capturados

| TÁXON | CONDIÇÃO | EMI |
|-----------------------------------|--|-----------|
| Acari | | 20 |
| Chilopoda | | 1 |
| Coleoptera | • Formas claramente epígeas > 2 mm | 1 |
| | • < 2mm Tegumento fino, coloração castanho bronze | 5 |
| | • Redução ou ausência de olhos | 10 |
| | • Redução ou ausência de asas | 15 |
| | • Leve pigmentação e ausência de asas | 20 |
| Collembola | • > 2mm pigmentação complexa | 1 |
| | • < 2mm, pigmentação, olho com vários ocelos e apêndices desenvolvidos | 2 |
| | • Dimensões reduzidas, leve pigmentação, apêndices com desenvolvimento mediano | 4 |
| | • Pigmentação, olho com vários ocelos, apêndices curtos | 6 |
| | • Pigmentação, apêndices pouco desenvolvidos, furca reduzida ou ausente | 8 |
| | • Pigmentação ausente, furca reduzida | 10 |
| | • Sem pigmentação, apêndices reduzidos, sem furca | 20 |
| Diptera | | 1 |
| Hemiptera | • Formas epígeas | 1 |
| | • Ninfas de <i>Cicada</i> | 10 |
| Hymenoptera | • Geral | 1 |
| | • Formicidae | 5 |
| Imaturos (Larvas e Ninfas) | • Diptera | 10 |
| | • Hymenoptera | 10 |
| | • Coleoptera | 10 |
| | • Lepidoptera | 10 |
| | • Outros | 1 |

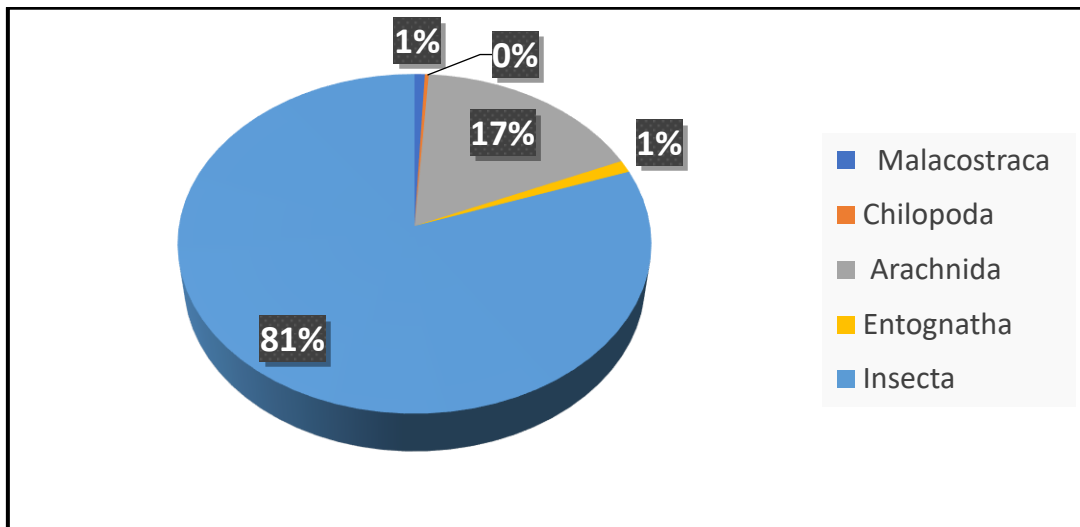


Figura 21 – Distribuição de todos os artrópodes capturados em São João de Brito pelas diversas classes encontradas: Malacostrata, Chilopoda, Arachnida, Entognatha e Insecta.

A amostragem com mais capturas foi recolhida 07/06/2022 na 3ª réplica da modalidade de *Raphanus sativus* no campo de São João de Brito com 63 artrópodes e a com menos capturas foi recolhida no mesmo campo, em 07/06/2022 na 1ª réplica da mesma modalidade com apenas uma captura. As amostras em São João de Brito da data de 06/07/2022 referentes às 2ª e 3ª réplicas e a referente a 03/08/2022 da 4ª réplica da mesma modalidade ficaram inutilizadas devido a alagamento do campo. A maior abundância (na verdade, maior atividade) de artrópodes capturados obteve-se nas 2ª e 4ª datas de amostragem. A observação das Fig. 22 e 23) em cada uma das datas de amostragem mostra baixa atividade na 1ª data de amostragem (09/02/2022), com os níveis de Abundância e Riqueza de morfotipos apresentando os valores mais baixos entre todas as amostragens. A parcela Testemunha teve, na 1ª data, os valores das médias mais elevadas para os parâmetros de Abundância, Riqueza de morfotipos e índice de Shannon. A 2ª data de amostragem no mês de junho refletiu o aumento da atividade dos artrópodes com os máximos das médias atingidas na Consociação ($50 \pm 6,89$) e *Raphanus sativus* ($41,2 \pm 8,4$). Na 3ª data de amostragem (06/07/2022) todos os valores desceram, sendo o de *Raphanus sativus* o mais baixo e a Testemunha com $9,75 \pm 1,93$ teve a média mais elevada. Na 4ª data (03/08/2022) os valores voltaram a subir, mantendo-se Testemunha com o valor mais elevado.

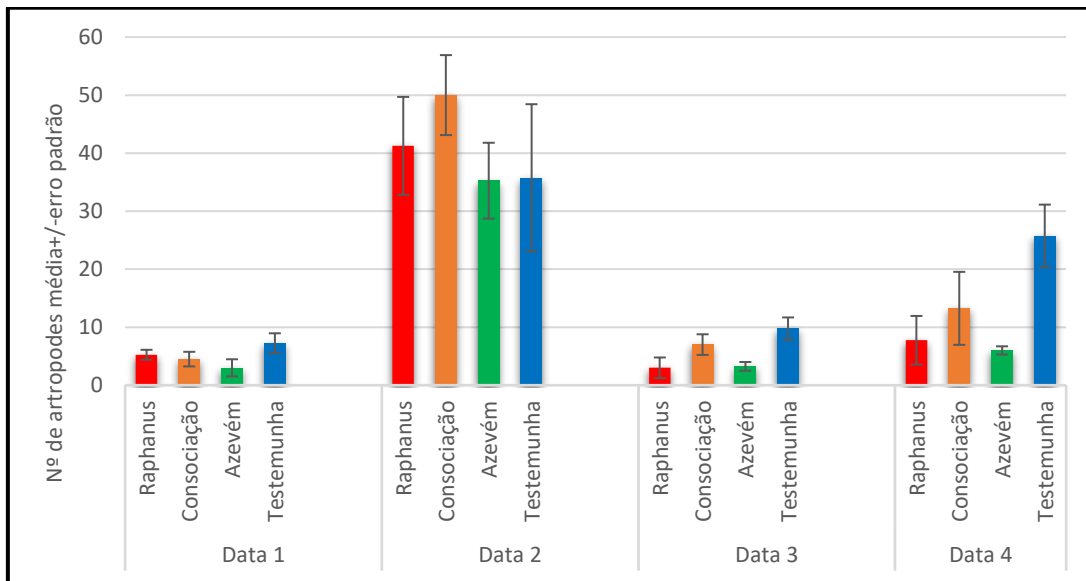


Figura 22 – Média \pm erro padrão da Riqueza de morfotipos (n° de morfotipos em São João e Brito) nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022)

A Riqueza de morfotipos (Fig. 23) apresentou um aumento na 2ª data, sendo mais elevada na Consociação ($15,50 \pm 2,21$). Na 3ª data os valores desceram, havendo um pequeno incremento na 4ª amostragem, tendo a Consociação ($1,63 \pm 0,4$) e a Testemunha os valores mais elevados nestas datas.

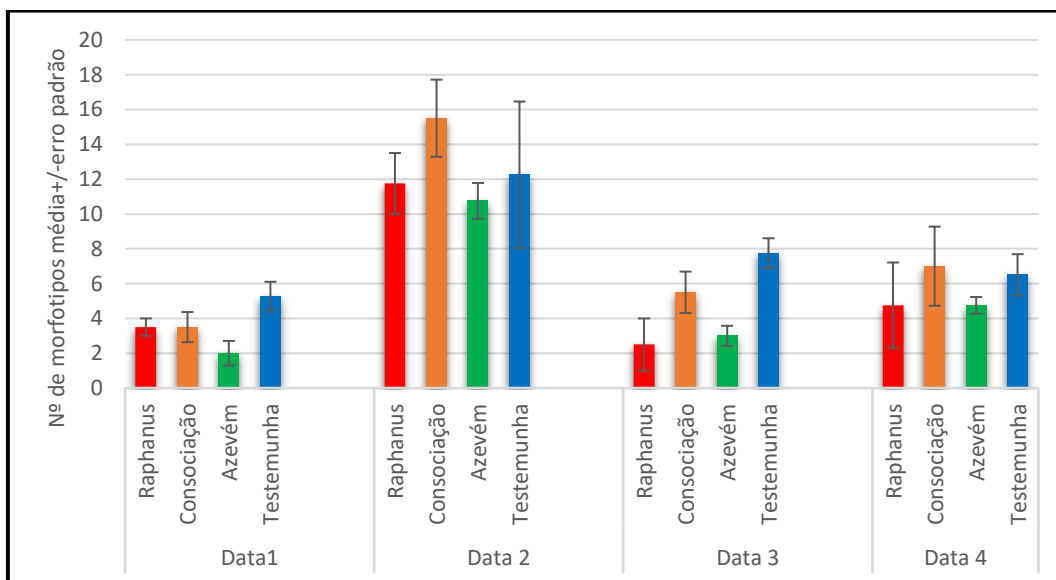


Figura 23 – Média \pm erro padrão da Riqueza de morfotipos (n° de morfotipos) em São João e Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022).

Campo de Casal das Freiras (CDF)

Neste campo de foram capturados um total de 705 artrópodes e identificados 86 morfotipos. Pertenciam 386 ao táxon Insecta, 307 ao Arachnida, 10 ao Chilopoda e 2 Entognatha. As suas percentagens aparecem descritas na Fig. 24.

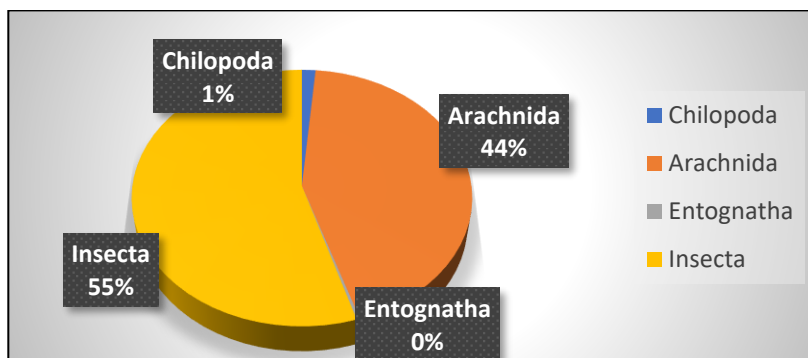


Figura 24 – Distribuição do total das capturas pelas classes em Casal das Freiras.

Na 1ª data em 07/06/2022 foi a Consociação que apresentou um maior nº de morfotipos ($6,75 \pm 3,85$). Todos estes valores foram similares na 2ª data (06/07/2022), mas sofreram um incremento das médias na 3ª data de amostragem em 06/07/2022, tendo *Raphanus sativus* atingido o máximo com $13,50 \pm 1,55$. A modalidade Testemunha teve as médias mais baixas em todas as amostragens (Fig. 25).

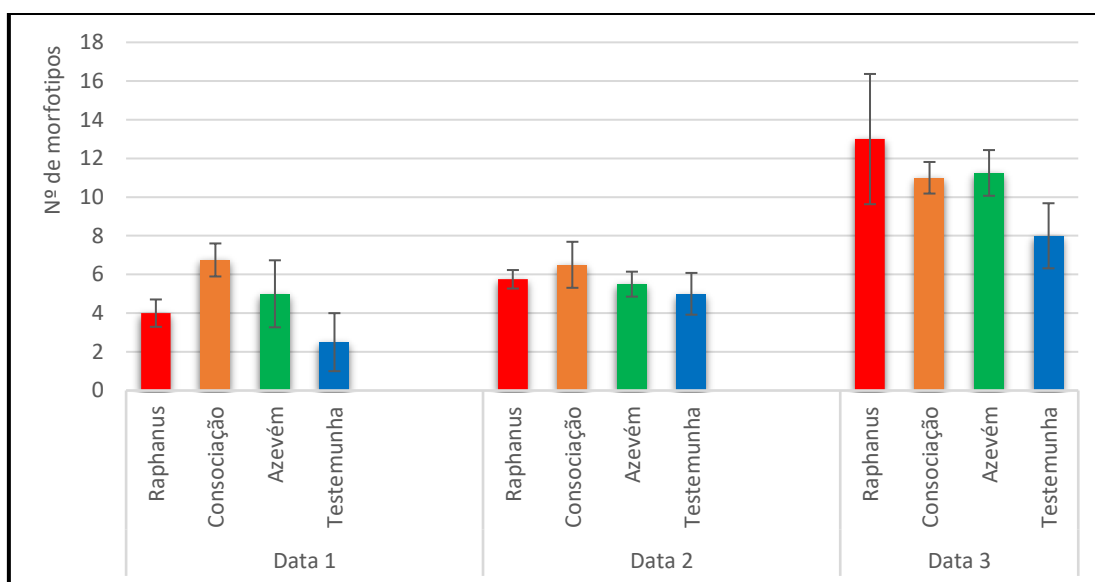


Figura 25 – Média \pm erro padrão da Riqueza de morfotipos de artrópodes (nº de morfotipos) em Casal das Freiras nas três datas de amostragem Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022).

Na Abundância verificamos que a Consociação obteve o maior valor na 1ª data (14,25±3,85), um aumento do nº.de artrópodes na 2ª data com máximo no Azevém (13,5+/-3,36). Na última amostragem (03/08/2022) todos os valores foram máximos em todas as modalidades, sendo a Consociação (21,25+/-3,90) e o Azevém (37,5+/-4,4) as médias mais altas (Fig. 26).

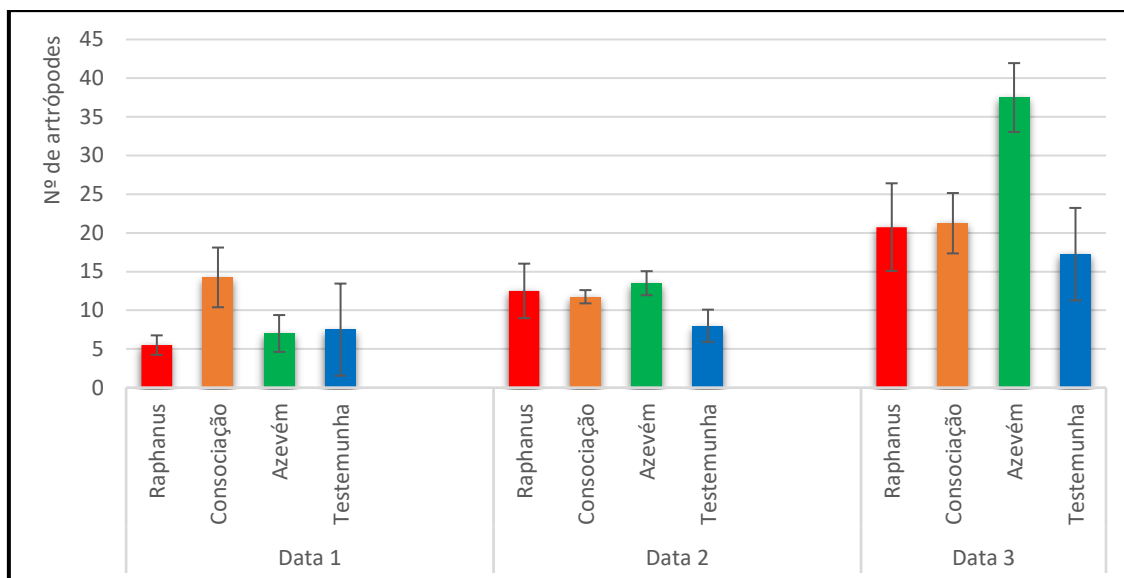


Figura 26 – Média ± erro padrão da Abundância (nº de artrópodes) em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022).

3.1.2 – Bioindicadores

Consideramos todos os artrópodes para uma possível avaliação do equilíbrio das comunidades e do estado biótico do ecossistema. Assim, faremos algumas considerações a propósito da presença de alguns táxones (Anexo 5) noutros subcapítulos. Os níveis taxonómicos mais baixos como classe e subclasse permitiram observar a distribuição geral dos morfotipos encontrados e alguns grupos funcionais de detritívoros (Malacostraca) e predadores (Chilopoda). O táxon ordem foi aquele onde já se encontraram grupos funcionais como Araneae e Opiliones (predadores). A um nível taxonómico mais baixo, as dificuldades de identificação das famílias para as ordens Diptera e Hymenoptera com grupos tróficos (Anexo 4) muito diversificados (excluindo Formicidae dos outros Hymenoptera) limitaram, em parte o alargamento deste estudo. A quase ausência de algumas ordens da classe Entognatha (Collembola e Diplura) não exigiu um trabalho de identificação mais pormenorizado. Contudo, foi na ordem Coleoptera que a identificação selecionou as famílias Staphynilidae e Carabidae. Após a identificação do táxon Formicidae, conseguimos estabelecer os nossos grupos de

bioindicadores como Araneae, Opiliones, Formicidae e Carabidae (Fig. 17). Atribuiu-se os diferentes morfotipos encontrados nestes grupos funcionais. A seleção baseou-se no seu grau de vulnerabilidade a alterações e desequilíbrios no solo e na sua importância para a funcionalidade do ecossistema.

Campo de São João de Brito (SJB)

Os totais das capturas aparecem distribuídos nos gráficos por percentagem para a Abundância (Fig. 27A) e Riqueza de morfotipos (Fig. 27B).

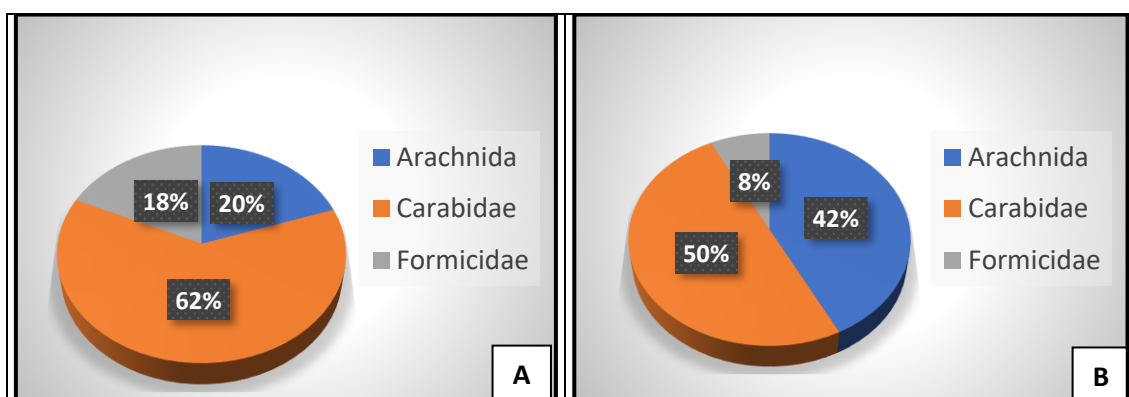


Figura 27 – Percentagens de Bioindicadores: Arachnida (Araneae e Opiliones), Carabidae e Formicidae no total das amostragens em São João de Brito. A - Abundância / B – Riqueza de morfotipos.

Na Abundância o táxon Carabidae apresentou os valores mais elevados (372), seguido de Arachnida (Araneae (110) e Opiliones (8)). No parâmetro Riqueza, Carabidae apresentou 20 morfotipos diferentes, Arachnida teve 17, e Formicidae apenas 3 morfotipos. Estes valores são apresentados, em percentagem, na Fig. 27. Arachnida foi um táxon sempre ativo, com incremento da Abundância na 2ª data (07/06/2022) e médias máximas na Testemunha ($4,25 \pm 1,65$) e Consociação. Estas modalidades mantiveram as médias mais altas, tendo a Testemunha $3,00 \pm 0,91$ na última data. Na Riqueza os valores foram sempre similares à exceção da Consociação na 2ª data com média de $3,50 \pm 1,03$ (Figs. 28 e 29).

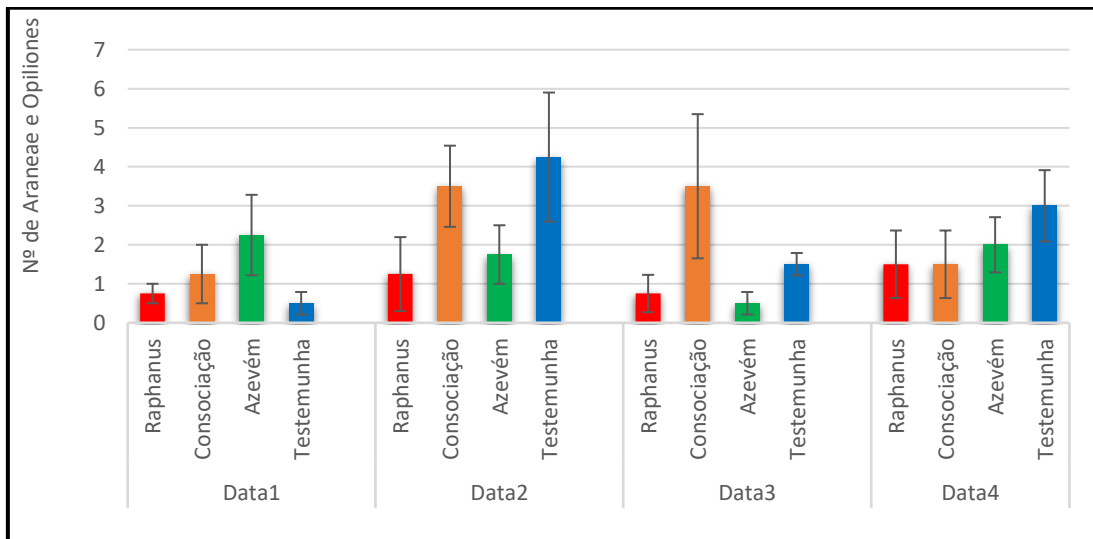


Figura 28 – Média \pm erro padrão para Abundância de Araneae e Oplilones em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022).

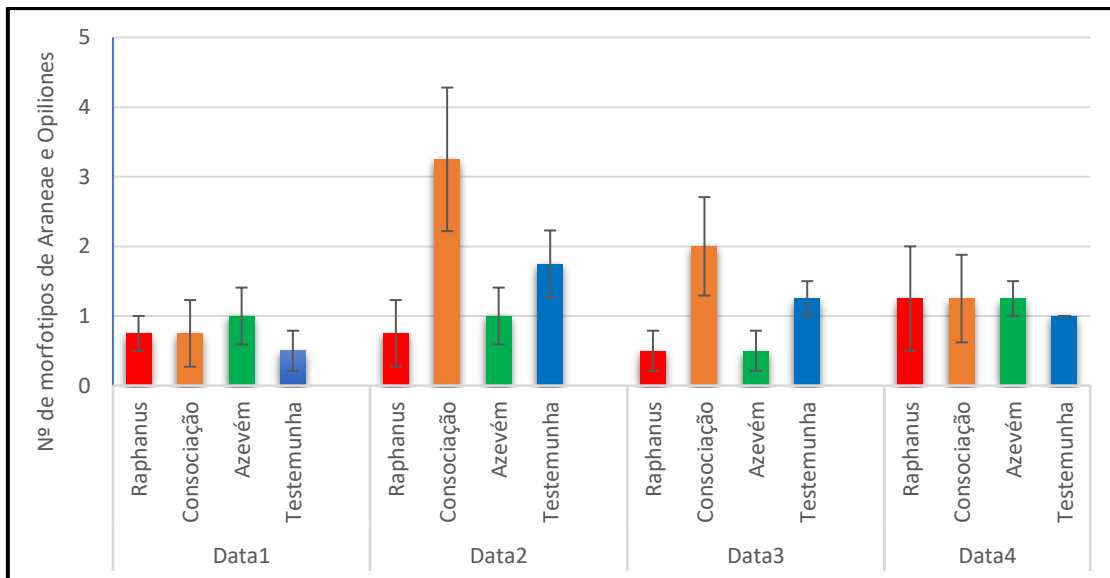


Figura 29 – Média \pm erro padrão para Riqueza de morfotipos de Araneae e Oplilones em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022).

As Figuras 30 e 31 mostram, para o táxon Carabidae, que na 2ª data (07/06/2022) foram atingidos os máximos das médias na Abundância e Riqueza na Consociação com $29,25 \pm 9,30$ e $4,75 \pm 1,37$, respetivamente. A Testemunha teve sempre maior Abundância nas outras duas datas.

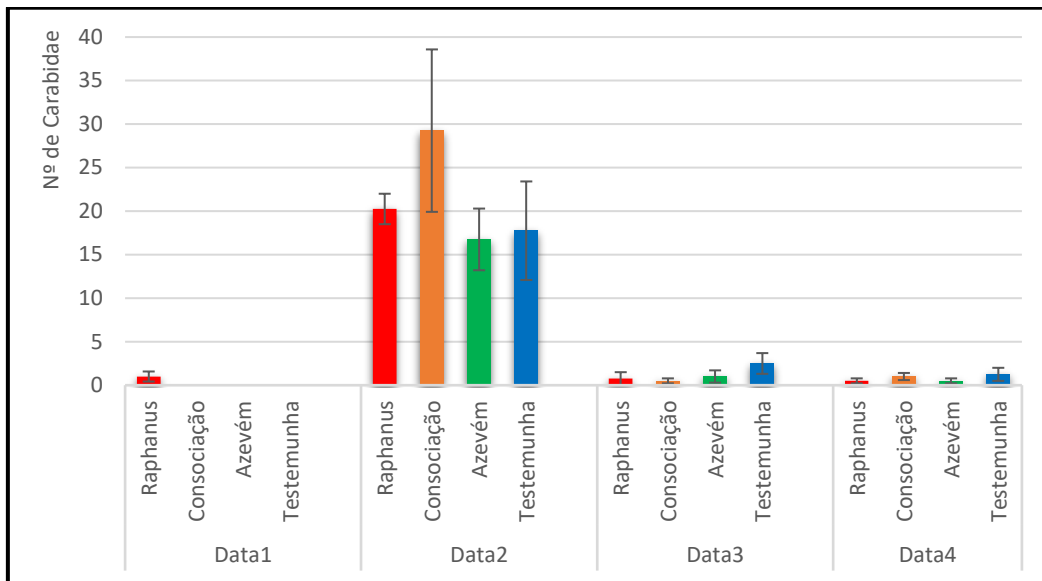


Figura 30 – Média \pm erro padrão para Abundância de Carabidae em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022).

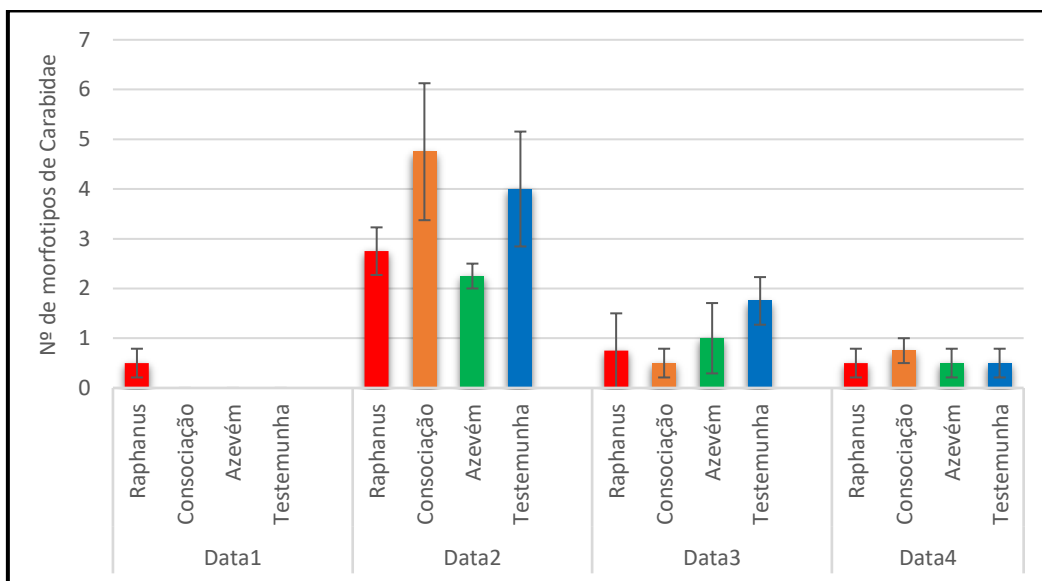


Figura 31 – Média \pm erro padrão para Riqueza de morfotipos de Carabidae em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022).

Para o grupo Formicidae, na 2ª data (07/06/2022) obtiveram-se as médias mais altas na Consociação ($6,75 \pm 2,56$) e Testemunha. A 3ª amostragem obteve médias mais elevadas na Consociação e a 4ª na Testemunha (Fig. 32 e 33).

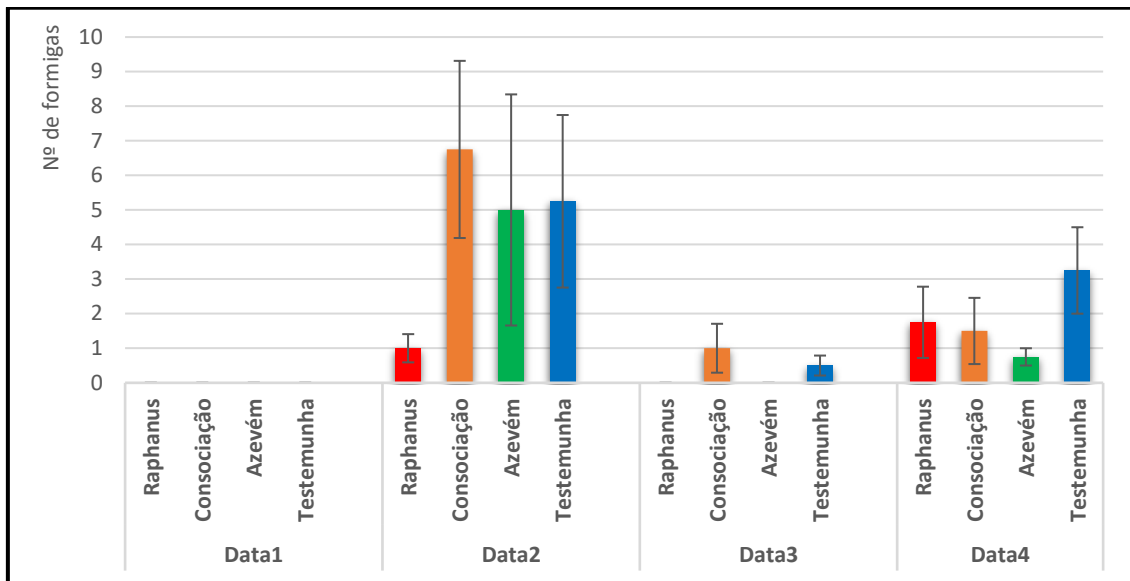


Figura 32 – Média \pm erro padrão para Abundância de Formicidae em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022).

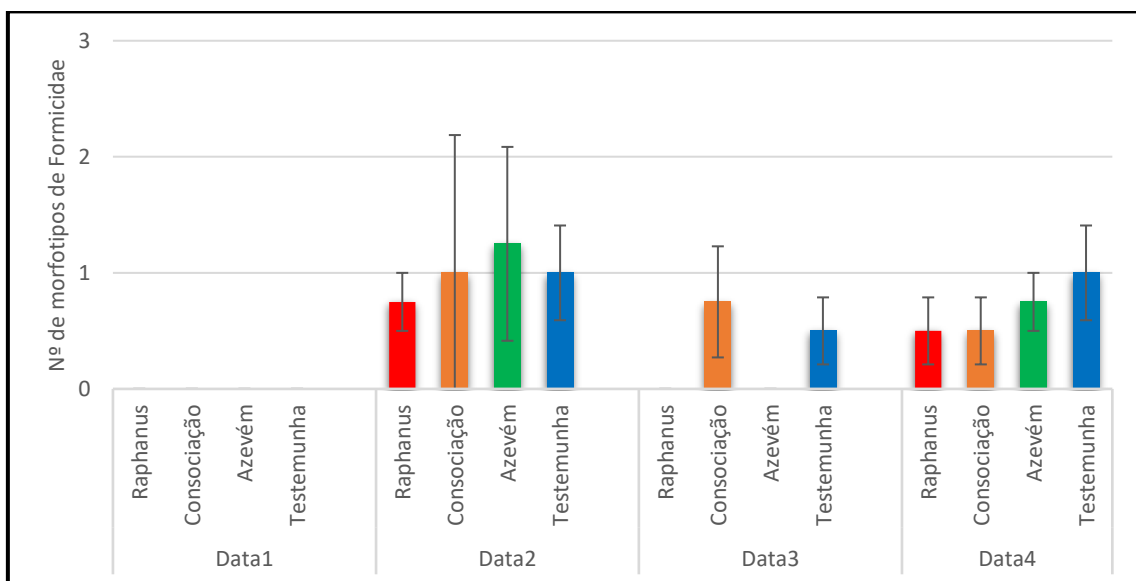


Figura 33 – Média \pm erro padrão para Riqueza de morfotipos de Formicidae em São João de Brito nas quatro datas de amostragem: Data 1 (09/02/2022) / Data 2 (07/06/2022) / Data 3 (06/07/2022) / Data 4 (03/08/2022).

Campo de Casal das Freiras (CDF)

Neste campo os totais das capturas foram de 312 artrópodes distribuídos pelas classes Arachnida (220), Carabidae (68) e Formicidae (24). Por esta ordem, obtivemos na Riqueza 11,16 e 3 morfotipos, respetivamente. Estes valores aparecem em percentagem na Fig. 34.

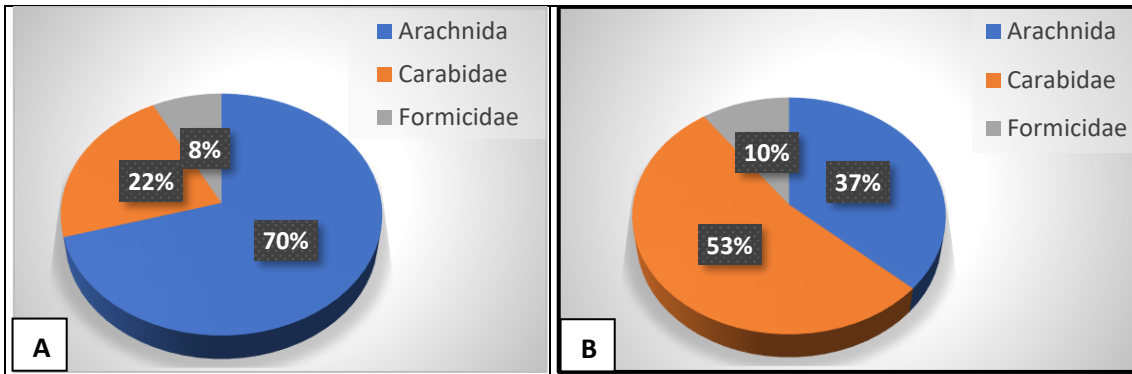


Figura 34 – Bioindicadores: Arachnida (Araneae e Opiliones), Carabidae e Formicidae no total das amostragens em Casal das Freiras: A – Abundância / B – Riqueza de morfotipos.

Arachnida foi o bioindicador mais presente com maiores valores nas médias da Riqueza de morfotipos nas modalidades de Consociação e *Raphanus sativus*. Este último teve um máximo na última amostragem de $4,25 \pm 0,47$. A Consociação teve a média mais alta ($3,25 \pm 1,03$) na 1ª data (07/06/2022) sendo o Azevém mais elevado ($2,00 \pm 0,40$) na 2ª data (06/07/2022). Em relação à Abundância o Azevém e *Raphanus sativus* tiveram as médias mais elevadas (Figs. 35 e 36).

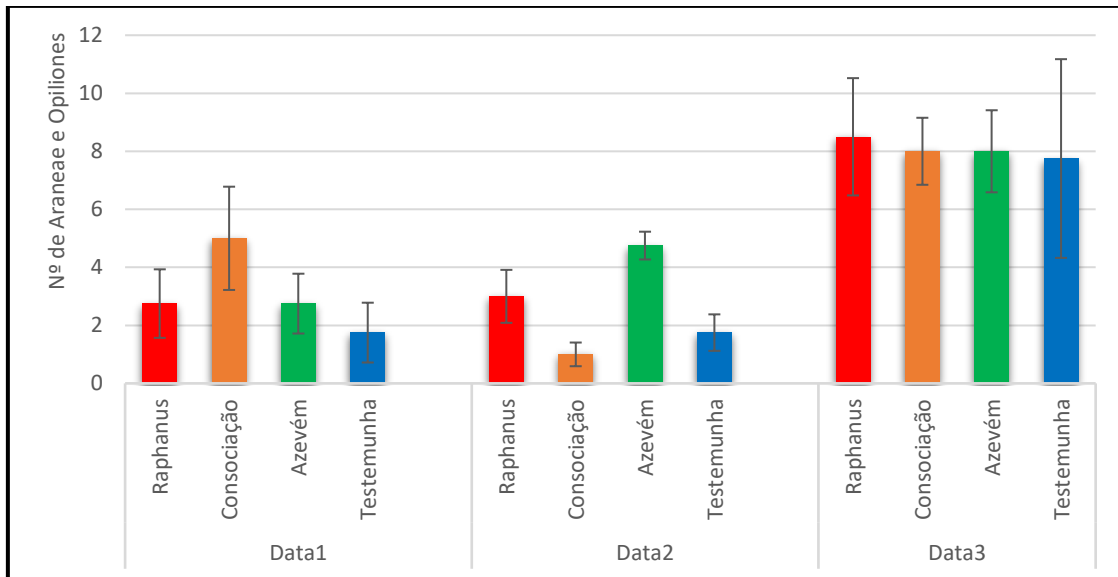


Figura 35 – Média \pm erro padrão para Abundância de Araneae e Opiliones em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022).

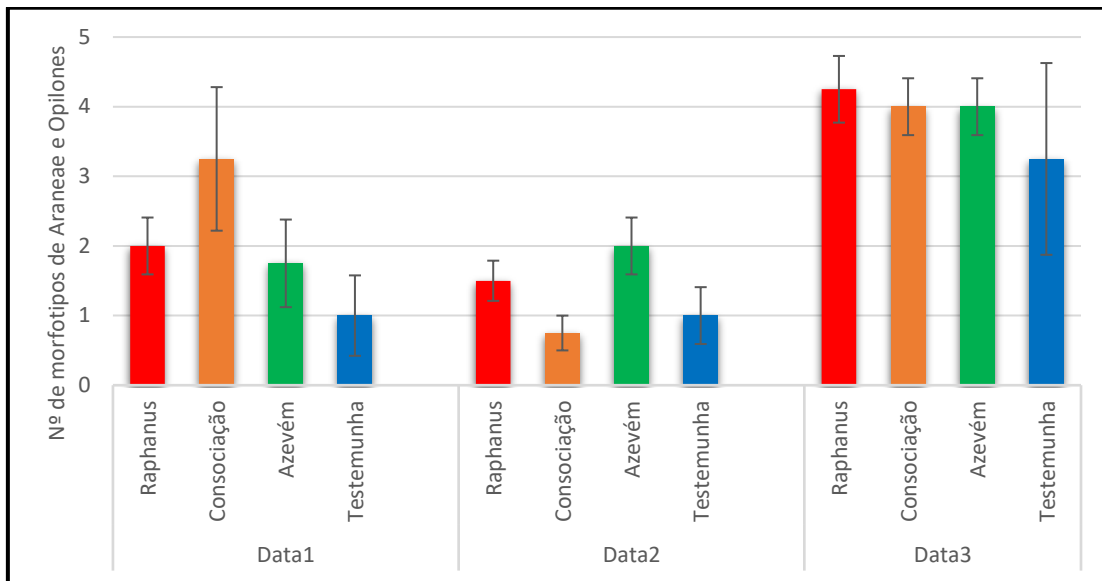


Figura 36 – Média±erro padrão para Riqueza de morfotipos de Araneae e Opiliones em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022).

Nos Carabidae, no que se refere à Riqueza de morfotipos, (Fig. 37) a Consociação teve sempre os valores mais altos ($2,25 \pm 0,62$) com máximo na 2ª data (06/07/2022). No Azevém obtiveram-se valores equiparados em duas datas.

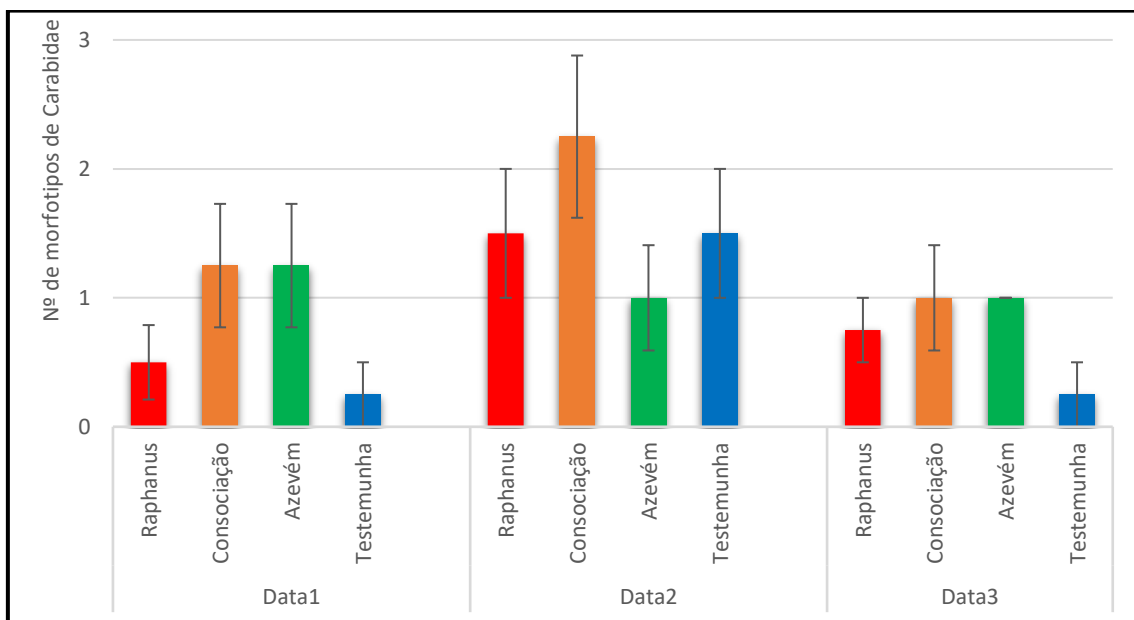


Figura 37 – Média±erro padrão para Riqueza de morfotipos de Carabidae em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022).

Na Abundância no Azevém e na Consociação obtiveram-se valores muito próximos, mas foi a Testemunha que obteve o valor máximo ($2,75 \pm 1,71$), mas apenas na 2ª data, em 06/07/2022 (Fig. 38)

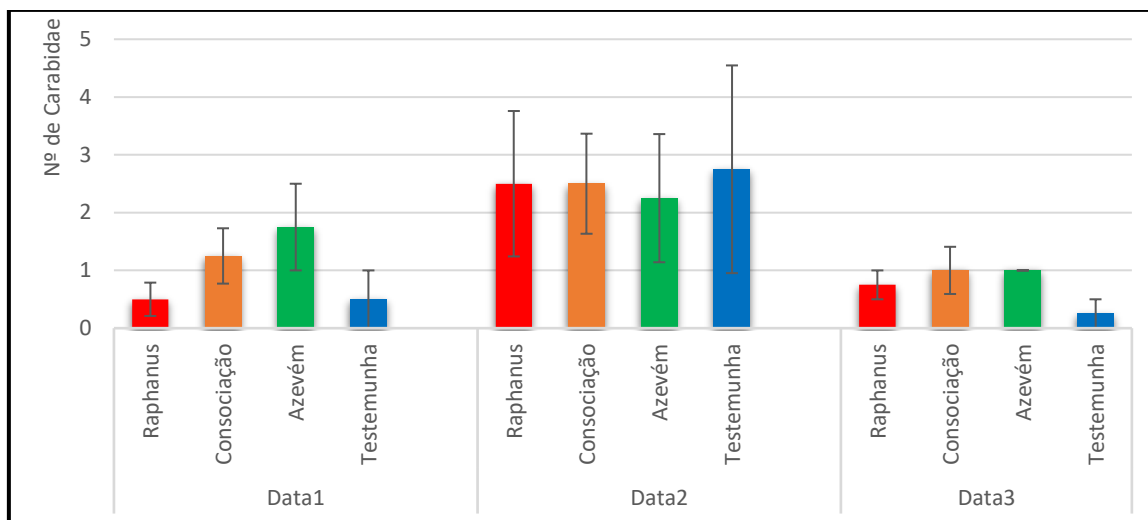


Figura 38 – Média±erro padrão para Abundância de Carabidae em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022).

Observou-se ausência de Formicidae em várias modalidades (Figs. 39 e 40), sendo a Consociação a modalidade onde houve sempre presença destes artrópodes. Na 1ª data houve uma presença discreta deste táxon e apenas na Consociação. Os valores mais elevados das médias foram obtidos na Consociação para a Riqueza de morfotipos ($1,75 \pm 0,47$) e para a Abundância ($3,25 \pm 1,60$).

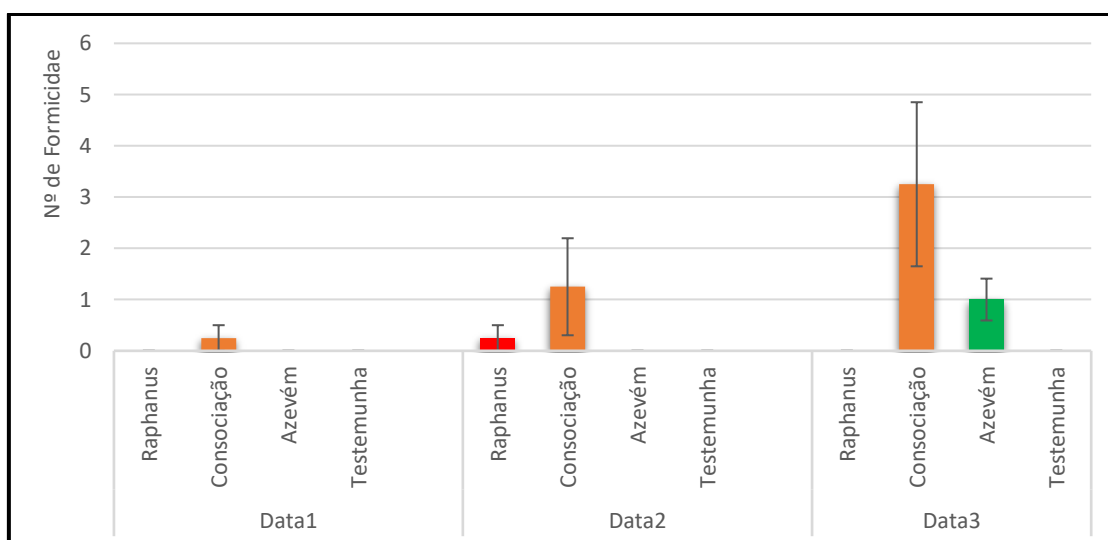


Figura 39 – Média±erro padrão para Abundância de Formicidae em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022).

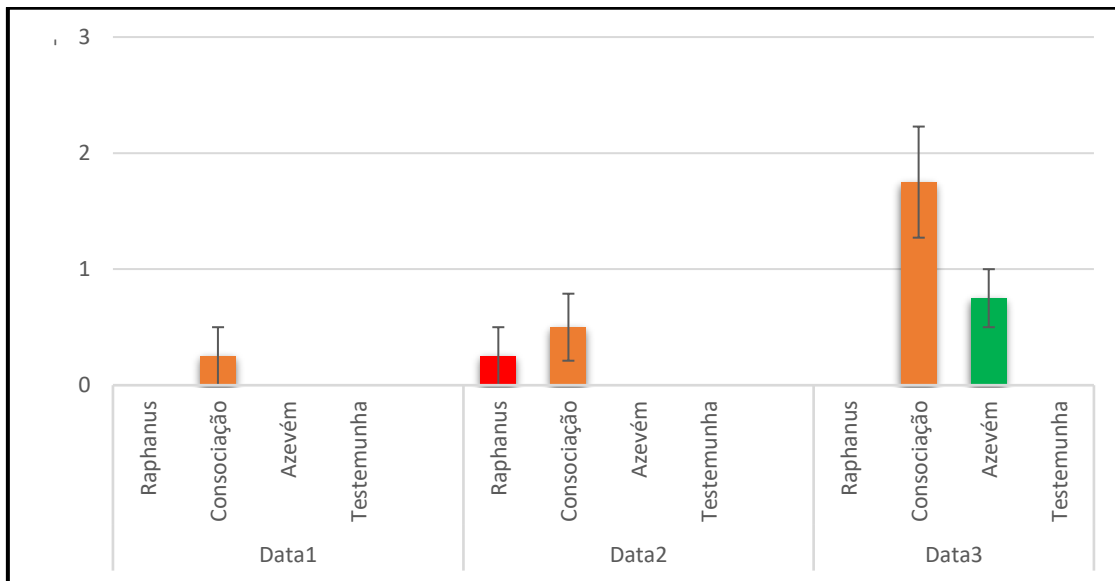


Figura 40 – Média \pm erro padrão para Riqueza de morfotipos de Formicidae em Casal das Freiras nas três datas de amostragem: Data 1 (07/06/2022) / Data 2 (06/07/2022) / Data 3 (03/08/2022).

Os resultados relativos à distribuição dos morfotipos pelas modalidades testadas, são mostrados nas quatro figuras seguintes (Figuras 41, 42, 44 e 45) para os táxones Arachnida e Carabidae, em ambos os campos. O bioindicador Formicidae não apresentou níveis de abundância e Riqueza para se considerar relevante para esta análise. Esta distribuição foi dividida por dois parâmetros importantes para a nossa análise: artrópodes exclusivos de uma só modalidade e artrópodes presentes em todas as modalidades, incluindo a Testemunha com vegetação natural. Estes resultados aparecem descritos na tabela do Anexo 6. No campo de São João de Brito, para o táxon Arachnida (Fig. 41), estiveram presentes em todas as modalidades os morfotipos nº 5, 58 e 101; foram exclusivos de *Raphanus sativus* o nº 100 e 152; da Consociação o nº 43 e 50; e do Azevém o nº 89 e na Testemunha o nº 115. No mesmo campo, para o grupo Carabidae (Fig. 44) estiveram presentes em todas as modalidades os morfotipos nºs 40, 47 e 59; foram exclusivos de *Raphanus sativus* o nº 129; da Consociação os nº 51, 53 e 55; e da Testemunha o nº 70 e 123. No campo de Casal das Freiras, de Arachnida (Fig. 42) estiveram presentes em todas as modalidades os morfotipos nºs 10, 25, 46, 50 e 58. Foram exclusivos de *Raphanus sativus* os nºs 100 e 152; do Azevém o nº 133; e da Testemunha o nº. 84. Para o táxon Carabidae (Fig.45) no campo de Casal das Freiras estiveram presentes em todas as modalidades os morfotipos nºs 62 e 67 e foram exclusivos de *Raphanus sativus* o nº 59; da Consociação os nºs 32, 51, 52 e 77; do Azevém os nºs 47, 53 e 155; e da Testemunha os nºs 35, 61 e 129. Os morfotipos que ocuparam posições idênticas nos dois campos foram, para Arachnida o nº 58,

presente em todas as modalidades, e os n^{os} 100 e 152 exclusivos de *Raphanus sativus* (Fig. 43). Para Carabidae, os n^{os} 51 e 55 foram exclusivos da Consociação nos dois campos e só em São João de Brito, respetivamente (Fig. 46).

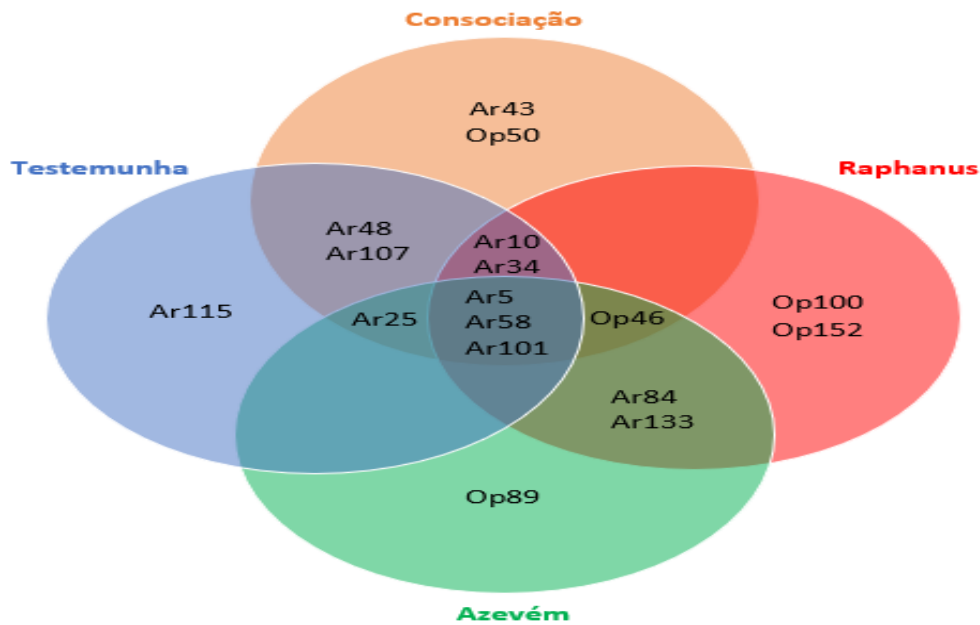


Figura 41 – Distribuição de morfotipos de Arachnida (Araneae /Ar e Opiliones /Op) pelas modalidades em São João de Brito. Todos os artrópodes foram capturados em armadilhas “pitfall”.

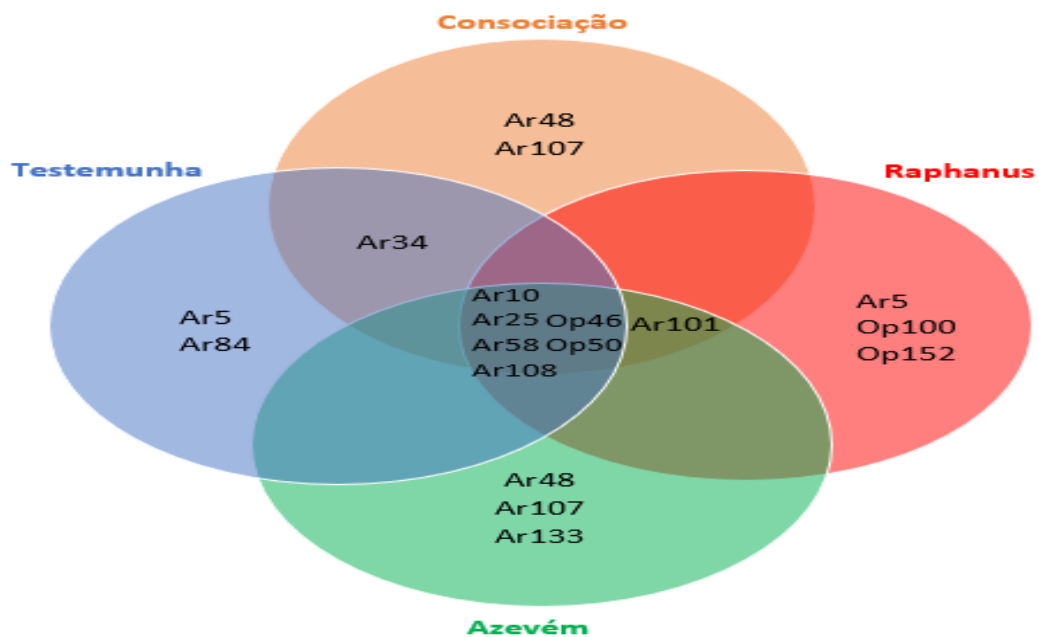


Figura 42 – Distribuição de morfotipos de Arachnida (Araneae /Ar e Opiliones /Op) pelas diferentes modalidades, em Casal das Freiras. Todos os artrópodes foram capturados em armadilhas “pitfall”.



Figura 43 – Morfotipos de Arachnida: A - nº 58 presente em todas as modalidades / B – nº 100 / C – nº 152 presentes exclusivamente em *Raphanus sativus*.

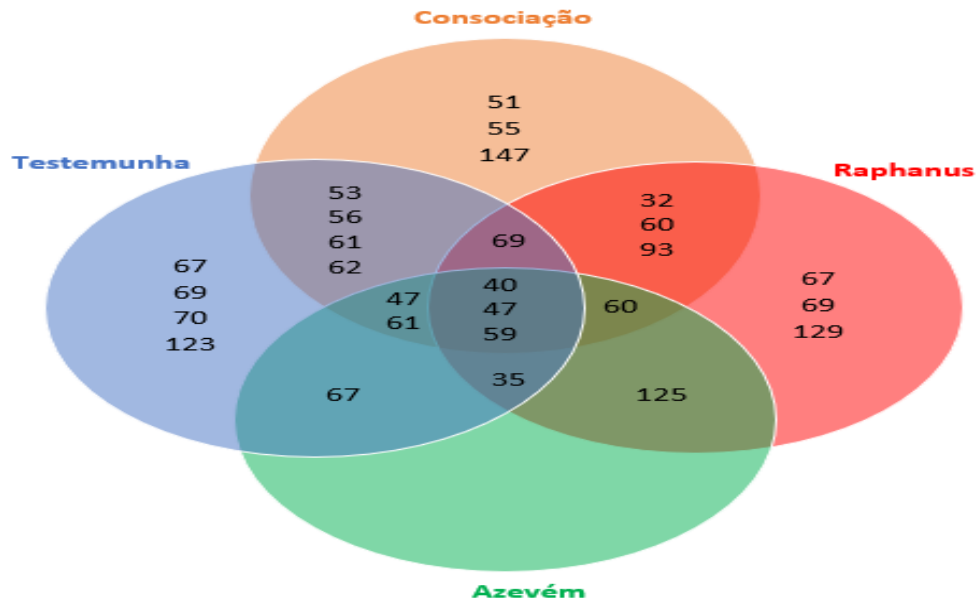


Figura 44 – Distribuição dos morfotipos de Carabidae, pelas diferentes modalidades, em São João de Brito. Todos os artrópodes foram capturados em armadilhas “pitfall”.

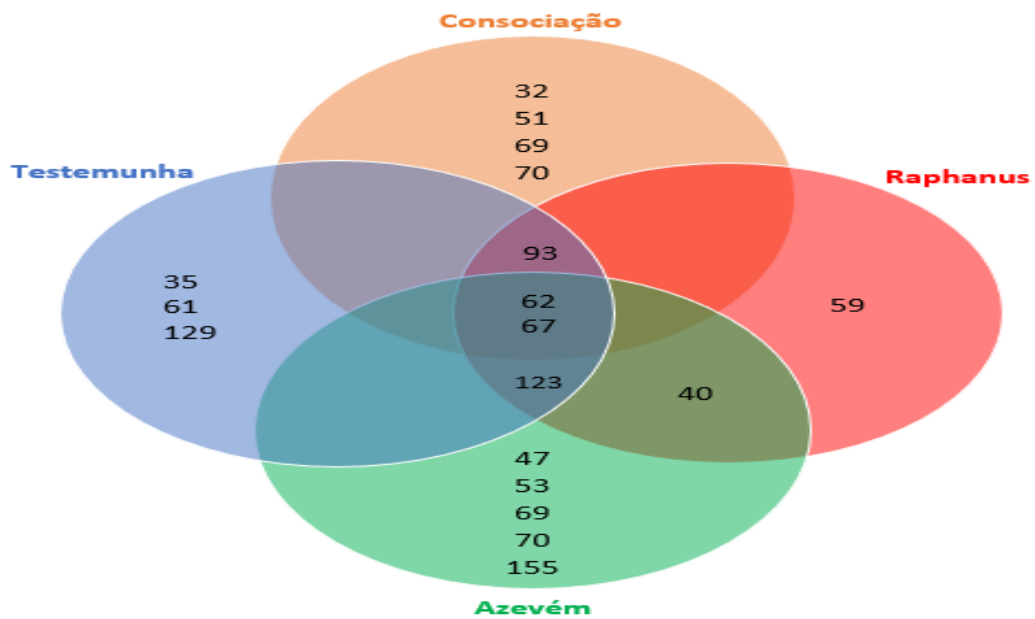


Figura 45 – Distribuição dos morfotipos de Carabidae pelas diferentes modalidades em Casal das Freiras.



Figura 46 – Morfotipos de Carabidae: A – nº 55 e exclusivo da Consociação apenas no campo de São João de Brito / B - nº 51 e exclusivo da Consociação nos dois campos.

Neste estudo, só houve uma amostragem (09/02/2022) da Testemunha com plantas espontâneas durante a permanência das culturas de cobertura semeadas. Esta amostragem aconteceu no campo de São João de Brito apenas. Esse facto resultou na identificação dos artrópodes que estavam exclusivamente na parcela sem tratamento, que se apresenta na Fig. 47. Alguns dos exemplares das plantas espontâneas nas parcelas da Testemunha dos dois campos foram identificadas e constam no Anexo 7.

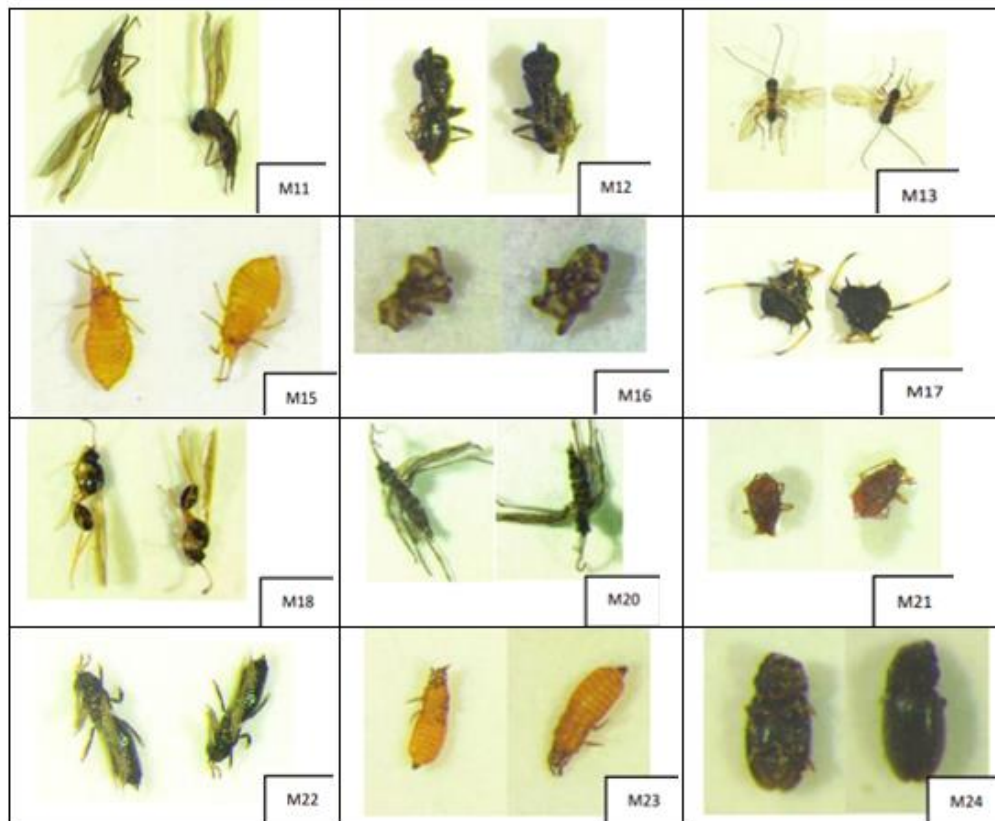


Figura 47 – Morfotipos exclusivos de plantas espontâneas na parcela Testemunha em São João de Brito: M12, M13 e M18 - Hymenoptera / M15 - Collembola / M16 – Acari / M17 e M21 – Hemiptera / M11 e M20 – Diptera / M22 – Thysanoptera / M 23 - Indiferenciado / M24 – Coleoptera. Fonte: Fotografias do autor.

3.1.3– Índice de Shannon

Os resultados referentes à variável Índice de Shannon no campo de São João de Brito (Quadro 7) colocam este parâmetro com valores mais elevados para as médias das réplicas na modalidade Testemunha (máximo de 1,99) com exceção da última data. A Consociação obteve a média mais elevada na 4ª data (1,63). O Azevém foi na 1ª e 2ª data aquele que menores valores apresentou (0,65).

Quadro 7 – Valores das médias para o Índice de Shannon em São João de Brito nas quatro datas de amostragem (SJB1, SJB2, SJB3 e SJB4)

| Índice de Shannon | | Índice de Shannon | | Índice de Shannon | | Índice de Shannon | |
|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| SJB1 | 09/02/2022 | SJB2 | 07/06/2022 | SJB3 | 06/07/2022 | SJB4 | 03/08/2022 |
| média | | média | | média | | média | |
| <i>R. sativus</i> | 1,15 | <i>R. sativus</i> | 1,86 | <i>R. sativus</i> | 0,77 | <i>R. sativus</i> | 0,99 |
| Consociação | 1,05 | Consociação | 1,88 | Consociação | 1,58 | Consociação | 1,63 |
| Azevém | 0,65 | Azevém | 1,77 | Azevém | 1,03 | Azevém | 1,46 |
| Testemunha | 1,55 | Testemunha | 1,99 | Testemunha | 1,95 | Testemunha | 1,41 |

Em Casal das Freiras (Quadro 8) os valores para o Índice de Shannon mostraram-se mais elevados, em média, na 3ª data, tendo em *Raphanus sativus* a média mais alta (2,22). A Consociação teve valores muito próximos e a Testemunha foi a que teve valores mais baixos em todas as datas de amostragem. Os valores de cada média das amostragens, por modalidade testada, para o Índice de Shannon nos dois campos são apresentados no Anexo 8. A Fig. 48 mostra as médias nas quatro datas, com a Testemunha a apresentar valores de 1,72 em São João de Brito, mas para Casal das Freiras foram a Consociação (1,81) e *Raphanus sativus* (1,68) que obtiveram os valores de médias mais elevados.

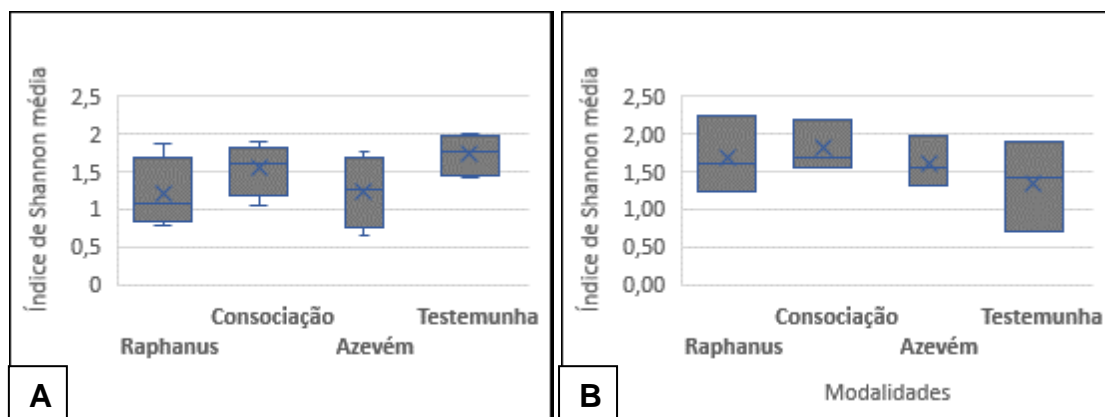


Figura 48 – Gráficos de bigodes referentes ao cálculo das médias do Índice de diversidade Shannon em São João de Brito (A) e Casal das Freiras (B), respetivamente.

Quadro 8 – Valores das médias para o Índice de Shannon em Casal das Freiras (CDF)

| Índice de Shannon | | Índice de Shannon | | Índice de Shannon | |
|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
| CDF1 | 07/06/2022 | CDF2 | 06/07/2022 | CDF3 | 03/08/2022 |
| | média | | média | | média |
| <i>R. sativus</i> | 1,24 | <i>R. sativus</i> | 1,59 | <i>R. sativus</i> | 2,22 |
| Consociação | 1,67 | Consociação | 1,56 | Consociação | 2,19 |
| Azevém | 1,32 | Azevém | 1,54 | Azevém | 1,96 |
| Testemunha | 0,69 | Testemunha | 1,42 | Testemunha | 1,88 |

3.1.4 – Análise estatística

A análise de variância ANOVA para a variável resposta da Abundância, em São João de Brito, mostrou diferenças significativas na 3ª data (06/07/2022) de amostragem (ANOVA: $F_{3,12}=3.94$; $p=0,036$), sendo a modalidade da Testemunha significativamente mais elevada que o Azevém e *Raphanus sativus*. Na 4ª data de amostragem verificaram-se diferenças significativas (ANOVA $F_{3,12}= 3,68$; $p= 0,043$) para a mesma variável-resposta, continuando a Testemunha a mostrar diferenças para *Raphanus sativus* e Azevém. O mesmo campo de São João de Brito apresentou diferenças significativas para Riqueza na 3ª data (06/07/2022) ($F_{3,12}= 4.98$; $p= 0,018$), em que a Riqueza na Testemunha foi significativamente mais elevada do que nas modalidades *Raphanus sativus* e Azevém. O campo de Casal das Freiras não apresentou diferenças significativas para estas variáveis. A análise da variância ANOVA não encontrou outras diferenças significativas (Anexos 9 e 10).

3.2 – Artrópodes capturados por sonda de solo

3.2.1 – Totais das capturas e taxa em todas as modalidades por amostragem

As capturas efetuadas por sonda de solo, ao longo das quatro datas de amostragem, nos dois campos, São João de Brito (Anexo 11) e Casal das Freiras (Anexo 12), somaram um total, respetivamente, de 67 e 104 artrópodes. O número de efetivos capturados e a sua distribuição pelas classes taxonómicas, que são um requisito para atribuição do EMI (Índice Ecológico-Morfológico) e do QBS-ar (índice Qualidade Biológica do Solo), aparece descrita e discriminada nos Quadros 9 e 10, para cada uma das 16 amostras (nas quatro modalidades testadas em cada um dos campos). Os

artrópodes capturados em São João de Brito obtiveram maior abundância (nº de indivíduos) por percentagem, no somatório de todas as amostragens, nas classes taxonómicas de Collembola (36%) e Coleoptera (18%) e no grupo Imaturos (Larvas e Ninfas) (24%) (Fig.49, 51). As maiores diferenças entre os dois consistem na maior contribuição dos Collembola e Imaturos em São João de Brito e Acari e Collembola em Casal das Freiras. No primeiro campo referido (São João de Brito) o grupo Acari esteve praticamente ausente. No campo de Casal das Freiras obtivemos maior diversidade, com mais duas classes taxonómicas (Chilopoda e Formicidae). No campo de Casal das Freiras observamos que a maior abundância, em percentagem, foi de Acari (33%) e Collembola (25%), seguido de Coleoptera (12%). O grupo Imaturos somou 12% (Fig. 50, 51).

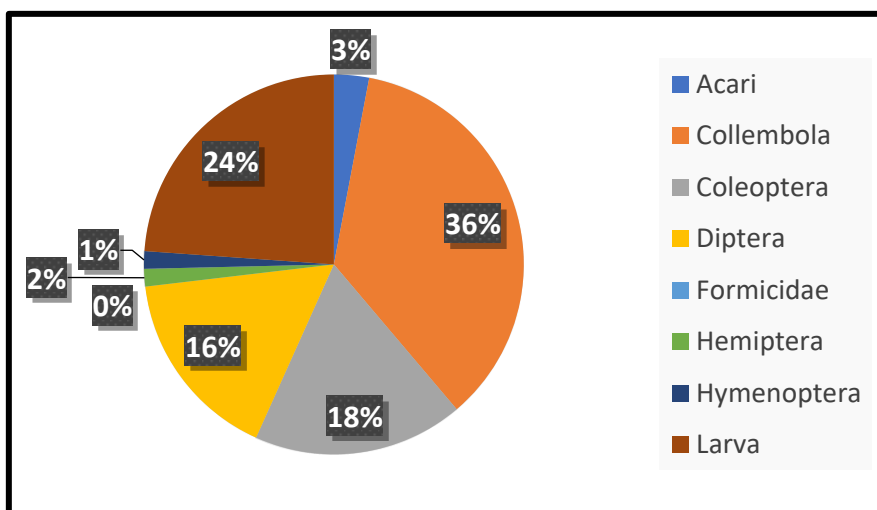


Figura 49 – Distribuição do total das capturas pelas respetivas classes taxonómicas em São João de Brito.

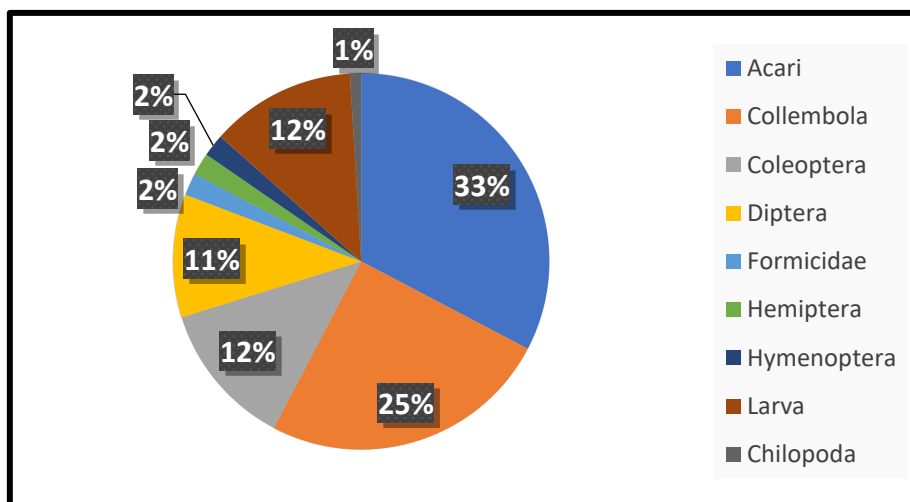


Figura 50 – Distribuição do total das capturas pelas respetivas classes taxonómicas em Casal das Freiras.

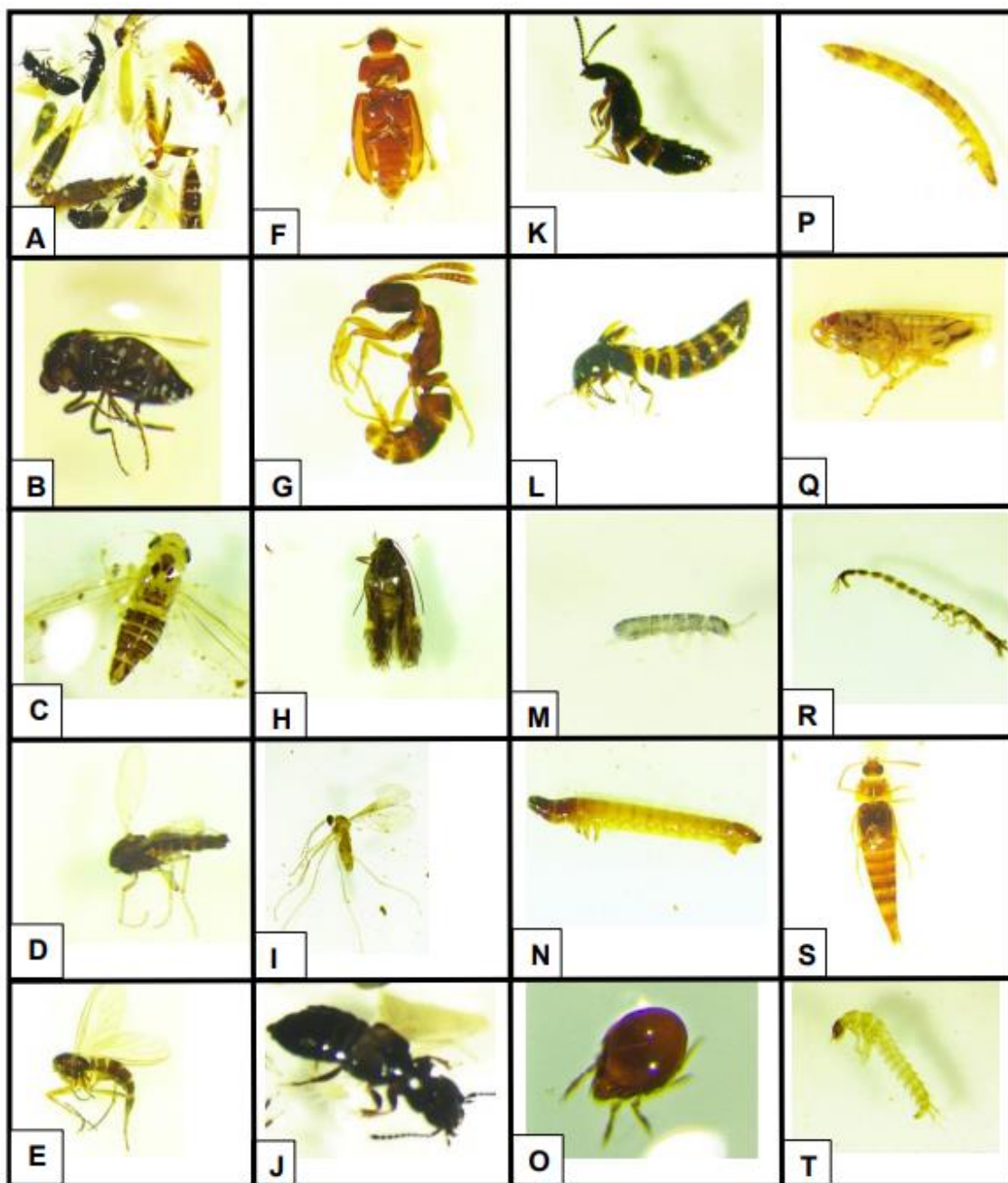


Figura 51 – Fotografias do autor de exemplares de artrópodes capturados por sonda de solo nas amostras em São João de Brito e Casal das Freiras – A - amostra de Casal das Freiras 3 Rf / B - Diptera / C - Hemiptera / D - Hymenoptera / E - Desconhecido / F - Coleoptera / G - Indiferenciado / H - Hemiptera / I - Diptera / J – Coleoptera / K e L- Coleoptera (Staphylinidae / M - Collembola formas eudáficas / N - Larva / O - Acari / P, Q, R, S e T - Ninfa e larvas.

3.2.2 – Atribuição do EMI

Os valores do EMI (Índice Ecológico-Morfológico) descritos anteriormente no Quadro 6 foram atribuídos a cada um dos táxones dos artrópodes capturados. Acari, Collembola, Coleoptera e Imaturos (Larvas e Ninfas) apresentam nessa tabela os valores mais elevados. Os EMI, atribuídos a cada classe taxonómica e somados dentro de cada

amostra aparecem discriminados nos Quadros 9 e 10, para os dois campos, em cada uma das amostragens. Como foi descrito na análise anterior, as diferenças entre os dois campos originam somatórios de EMI diferentes pois apresentam variação na distribuição de táxones e número de indivíduos. No entanto essa contribuição pode ser melhor entendida nos dois quadros seguintes, observando-se que em São João de Brito na 4ª amostragem que Collembola e Acari estiveram presentes nas modalidades de *Raphanus sativus* com um total de EMI máximo de 41. A contribuição do grupo dos Imaturos foi ligeiramente superior em São João de Brito, comparando com Casal das Freiras. Neste campo, os Collembola surgiam com o táxon Acari e formas Imaturas e tiveram ainda valores ligeiramente superiores. A presença de formas edáficas de Collembola (sem pigmentação e furca e com apêndices reduzidos) conferiu muitas vezes a pontuação máxima neste táxon.

Quadro 9 – Valores do Índice Ecológico Morfológico (EMI) atribuídos a cada táxon para cada modalidade (Rf, Co, Az e Te) em São João de Brito nas 4 datas: SJB1 (09/02/2022) / SJB2 (07/06/2022) / SJB3 (06/07/2022) / SJB4 (03/08/2022).

| | DATA | SJB1 | SJB1 | SJB1 | SJB1 | SJB2 | SJB2 | SJB2 | SJB2 | SJB3 | SJB3 | SJB3 | SJB3 | SJB4 | SJB4 | SJB4 | SJB4 |
|------------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
| TAXON | MODALID. | RfE | CoE | AzE | TeE | RfE | CoE | AzE | TeE | RfE | CoE | AzE | TeE | RfE | CoE | AzE | TeE |
| Acari | | | | | | 20 | | | | | | | | 20 | | | |
| Collembola | | 10 | | 2 | 10 | | 10 | | | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 1 | 20 | |
| Coleoptera | | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | |
| Diptera | | | | | 1 | | | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | |
| Formicidae | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hemiptera | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Hymenoptera | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Larva | | 10 | | | 10 | 10 | 10 | | 10 | 10 | | 10 | 10 | | | | |
| TOTAL EMI | | 20 | 1 | 2 | 21 | 31 | 20 | 1 | 11 | 32 | 21 | 32 | 32 | 41 | 2 | 20 | 0 |

Quadro 10 – Valores do Índice Ecológico Morfológico (EMI) atribuídos a cada táxon, em cada modalidade (Rf, Az, Co, Te) em Casal das Freiras, nas 4 datas: CDF1 (09/02/2022) / CDF2 (07/06/2022) / CDF3 (06/07/2022) / CDF4 (03/08/2022)

| | DATA | CDF1 | CDF1 | CDF1 | CDF1 | CDF2 | CDF2 | CDF2 | CDF2 | CDF3 | CDF3 | CDF3 | CDF3 | CDF4 | CDF4 | CDF4 | CDF4 |
|------------------|---------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| TAXON | AMOSTRA | RfE | CoE | AzE | TeE | RfE | CoE | AzE | TeE | RfE | CoE | AzE | TeE | RfE | CoE | AzE | TeE |
| Acari | | | 20 | 20 | | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | | 20 |
| Collembola | | | | 20 | | | | 20 | | | | | 20 | 20 | | 20 | 20 |
| Coleoptera | | 1 | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| Diptera | | | | | | 1 | | 2 | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | | |
| Formicidae | | | | | | | | | | | | 5 | | | | 5 | |
| Hemiptera | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| Hymenoptera | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | |
| Larva | | | | 10 | | 10 | 10 | 10 | | | | 10 | 10 | | 10 | | 10 |
| Chilopoda | | | | | | | | | | | | | | | 10 | | |
| TOTAL EMI | | 1 | 21 | 50 | 0 | 22 | 30 | 53 | 31 | 23 | 22 | 37 | 52 | 40 | 41 | 25 | 50 |

3.2.3 – Cálculo do Índice QBS-ar nos campos de São João de Brito e Casal das Freiras

A análise dos índices QBS-ar, para os dois campos, mostraram valores mais elevados em Casal das Freiras com valores máximos de 53 em *Raphanus sativus* na 2ª data de amostragem e na Testemunha com um valor de 52. Os mínimos, apresentaram-se na 1ª amostragem em Testemunha (0) e *Raphanus sativus* (1). No campo de São João de Brito os maiores valores foram obtidos em *Raphanus sativus* (41) na 4ª data de amostragem. O valor mais baixo foi de 0 na Consociação na mesma amostragem (Figs. 52A e 52B).

A variação ao longo do tempo em que decorreram as amostragens mostra que em Casal das Freiras houve um aumento positivo da 1ª para a 2ª amostragem em todas as modalidades com os valores máximos no Azevém. Todas as modalidades baixaram os seus valores na 3ª data de amostragem, com exceção da Testemunha que atingiu o seu o valor máximo (52). Na 4ª amostragem registou-se um decréscimo nas modalidades Azevém e Testemunha, mas não na Consociação e *Raphanus sativus* que subiram ligeiramente até ao seu máximo (41 e 40, respetivamente). No campo de São João de Brito, na 2ª data de amostragem tivemos duas modalidades a aumentar o valor (*Raphanus sativus* e Consociação) e duas a baixar (Azevém e Testemunha). A 3ª data

foi aquela em que se obteve todos os valores mais elevados à exceção de *Raphanus sativus* que continuou a aumentar o Índice QBS-ar até à 4ª data com um máximo de 42 (Fig. 53A e 53B) Recorde-se que as datas foram consideradas de forma separada na análise. No entanto, a atribuição de uma classificação final com as médias totais poderá também contribuir para uma análise mais alargada, embora menos precisa. A atribuição de uma classificação do QBS-ar a cada um dos campos através da análise dos dados conjuntos, em cada campo, revelou que em São João de Brito a média mais alta das modalidades, nas quatro datas de amostragem foi em *Raphanus sativus* com média $31,00 \pm 8,60$ e a mais baixa foi na Consociação com média $11,00 \pm 10,98$. Em Casal das Freiras o Azevém teve o valor mais elevado com média $41,25 \pm 10,98$ e *Raphanus sativus* o valor mais baixo com média $21,50 \pm 15,97$ (Fig. 53).

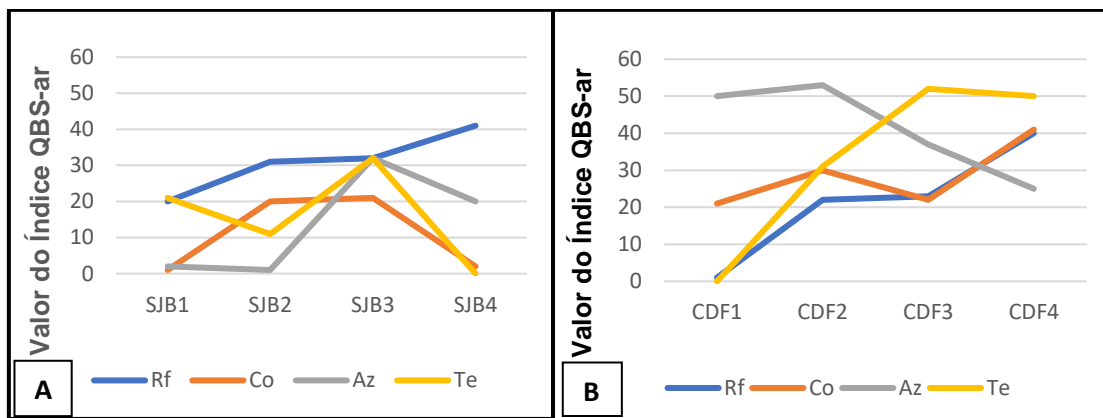


Figura 52 – A – Variação do Índice QBS-ar em São João de Brito / B – Variação do Índice QBS-ar em Casal das Freiras.

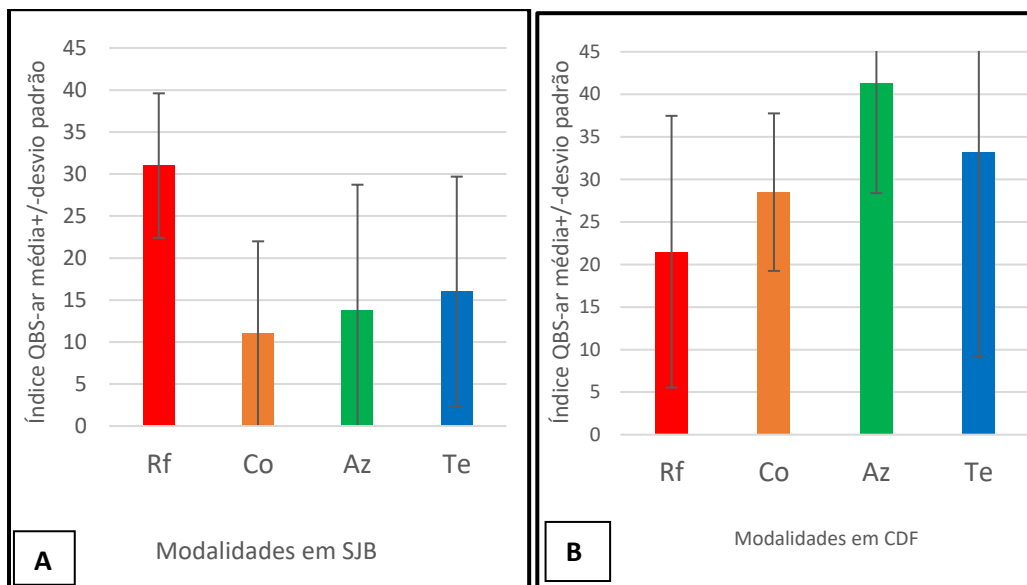


Figura 53 – Índice QBS-ar das médias nas quatro datas de amostragem em A – São João de Brito e B – Casal das Freiras (Rf = *Raphanus sativus*; Co = Consociação; Az = Azevém; Te = Testemunha).

4 – Discussão

As práticas agroecológicas como a implementação de culturas de cobertura são conhecidas por contribuírem para a manutenção da biodiversidade local nos sistemas agrícolas (Pedro *et al.*, 2020). O carácter móvel dos organismos do solo, a sazonalidade dos seus ciclos de vida e o tamanho das parcelas podem influenciar os resultados.

O histórico e as condições edafoclimáticas de ambos os campos apresentam semelhanças. Foram identificadas, contudo, diferenças entre as técnicas usadas no destroçamento, enterramento dos resíduos da cultura de cobertura e a preparação do terreno para a cultura principal. A agricultura convencional impacta mais na biodiversidade do solo do que práticas conservadoras como sementeira direta, culturas de cobertura e rotação de culturas (Menta, 2018). A agricultura de conservação com as práticas de mobilização mínima, coberturas do solo, rotações e consociações apresenta atualmente uma abordagem para a promoção da qualidade biológica do solo. A substituição das técnicas de reviramento da leiva (charruas) por máquinas com uma intervenção vertical (chizel, escarificador) e a diminuição das necessidades do trânsito sobre o solo demonstraram benefícios para as comunidades do solo (Freixial & Carvalho, 2013). A mobilização profunda e intensa do solo perturba a atividade biológica nele existente e destrói a porosidade criada no perfil do solo pelas raízes e fauna do solo. Por outro lado, a inexistência de operações de mobilização do solo em sementeira direta, permite a existência de uma maior atividade biológica, não sendo destruídas as galerias e canais construídos pelos organismos do solo. As condições mais favoráveis de humidade, temperatura e arejamento também possuem um efeito positivo na vida dos organismos quando se diminui a compactação. Estas complexas relações tróficas entre as diversas classes de organismos permitem, num solo com uma elevada atividade biológica, potenciar a reciclagem de nutrientes para as plantas (Freixial & Carvalho, 2013). As entrevistas ao técnico responsável do campo de Casal das Freiras permitiram concluir que, nos últimos dois anos, este campo, sempre com a batata como cultura principal, utilizou métodos com uma abordagem à conservação que poderão ter favorecido a qualidade e saúde do solo, nomeadamente o enterramento de resíduos, maquinaria mais leve e mobilização mínima. No campo de São João de Brito o recurso à grade de discos para muitas das operações poderá ter maiores impactos na fauna do solo.

Os valores das médias para o Índice de Shannon mais elevados foram obtidos em Casal das Freiras, sendo a Consociação e *Raphanus sativus* (2,2) os que ultrapassaram o

limiar de baixa diversidade. A parcela da Testemunha teve sempre o Índice de Shannon mais baixo colocou sempre as CC com maior Índice de biodiversidade, neste campo. Em São de Brito, os índices de diversidade de Shannon foram sempre inferiores a 2 (baixo nível de diversidade) tendo-se obtido na Testemunha os valores mais elevados (1,99), em três das datas de amostragem, seguida da parcela Consociação. Os resultados parecem confirmar os impactos negativos das práticas e métodos convencionais em São João de Brito, referidos anteriormente, e que poderão ter favorecido o campo de Casal das Freiras.

Em São João de Brito, para a variável da Abundância a 2ª data mostrou o máximo de atividade e foi na parcela Consociação que se obteve as médias mais elevadas. A diminuição da atividade, nos meses de julho e agosto teve sempre a parcela Testemunha com resultados mais favoráveis. Para estes dois parâmetros no campo de Casal das Freiras obtiveram-se resultados diferentes, com máximos na 4ª data de amostragem do mês de agosto, com a Testemunha a apresentar resultados mais elevados em todas as datas. Estes resultados opostos serão discutidos adiante quando abordarmos os Bioindicadores.

A capacidade dos serviços, que estes ecossistemas prestam pode ser mais facilmente medido através da construção de bioindicadores para melhor comunicação dos resultados da monitorização destas comunidades (Menta & Remelli, 2020). As aranhas são um grupo regulador proposto para bioindicador (Schwerdt, Villalobos & Miles, 2018) assim como Opiliones que podem atuar como controladores biológicos e são um grupo com grande valor indicativo pela sua sensibilidade às alterações ambientais (Merino & Prieto, 2015). Dentro do táxon Arachnida consideraram-se Araneae e Opiliones em conjunto pois têm ambos os mesmos serviços no ecossistema como grupo funcional predadores. Alguns investigadores dizem não ter encontrado diferenças na diversidade de aranhas entre os terrenos descobertos e outros com vegetação (Cárdenas-Guerrero, 2008; Cárdenas-Guerrero *et al*, 2012). Os resultados em São João de Brito colocam as culturas de cobertura, principalmente a Consociação, sempre com maior abundância; a Testemunha apenas teve maiores valores numa data de amostragem. Os nossos resultados confirmam o carácter mais generalista das aranhas na escolha do hospedeiro neste campo. A Riqueza foi sempre maior na Consociação e em *Raphanus sativus*. No entanto, em Casal das Freiras foram sempre as culturas de cobertura que obtiveram melhores resultados para o grupo Arachnida, tendo a Testemunha valores sempre baixos em todas as datas. Segundo Cárdenas *et al*. (2015), a presença das aranhas é mais abundante na primavera porque a sua ecologia se relaciona com a floração. Os

ossos resultados confirmam esta hipótese com um máximo de capturas e nº de morfotipos no início de junho e diminuição gradual até agosto, em São João de Brito. No outro campo isso não se verificou, com valores médios na primavera e máximos na época estival. Essa diferença poderá estar relacionada com o tipo de cultura no terreno (batata) mais propícia à existência de maior número de presas ou com uma vertiginosa queda do número de presas no outro campo. As CC providenciam habitat para os Carabidae e algumas pesquisas demonstram que influenciam a sua abundância e a atividade e que esta se relaciona com o tipo de cultura, provavelmente através do aumento do teor de humidade (Carmona *et al.*, 2012). Luis *et al.* (2020) referem um aumento de Carabidae nas culturas de cobertura comparadas com o solo sem cultura. Neste estudo, em São João de Brito, foi a parcela Consociação que teve os valores mais altos em nº de Carabidae nas amostragens, com atividade relevante, o que corrobora, em parte, os resultados dos investigadores referidos. O mesmo resultado se obteve no outro campo. Contudo, após a amostragem no mês de junho, os resultados para a Abundância e Riqueza de morfotipos descem abruptamente em São João de Brito. Várias hipóteses podem ser formuladas acerca da influência dos períodos de alagamento do sistema de rega ou do excesso de sombreamento da cultura do milho que poderão ter influenciado. Koziel (1993) referia que, em algumas cultivares de milho geneticamente modificado, as proteínas de *Bacillus thuringiensis* expressas em quantidade elevada nos tecidos das plantas podem afetar a comunidade de artrópodes. A confirmação de que não foi utilizada nenhuma variedade de milho geneticamente modificado afastou esta hipótese da discussão dos resultados. Formicidae são um grupo que pode influenciar a densidade de outros artrópodes do solo, podendo mesmo aumentar os efetivos de hemípteros. Observou-se que muitos nemátodes e ácaros interagem mutualisticamente com as formigas (Chong *et al.*, 2010; Sanders & van Veen, 2011), havendo, também, padrões de concorrência entre estas últimas e as aranhas (Gonçalves *et al.*, 2018). A relação entre as formigas e a sucessão tem sido muito estudada e alguns autores enumeram espécies diferentes para níveis de sucessão diferentes (Hoffmann *et al.*, 2003). No nosso estudo confirmamos apenas três morfotipos (o que está de acordo com estes estudos). Peck *et al.* (1998) encontraram uma relação entre a diversidade de formigas, a estrutura da vegetação e as práticas agrícolas. Esta especificidade poderá relacionar-se com o facto de só a parcela Consociação, nos dois campos, indicar uma escolha e preferência destes artrópodes. O facto de poder haver padrões de competição com as aranhas não foi evidente porque os níveis de Abundância e Riqueza foram máximos para ambos os grupos na 2ª data de amostragem. No entanto, esta observação estaria sempre dependente da identificação

da espécie de formiga e o seu grupo trófico. A importância da presença destes bioindicadores assume outra relevância quando se observa exclusivamente determinado morfotipo apenas numa cultura ou, por outro lado, está presente, em simultâneo, em todas elas. No primeiro caso, poderá ser um melhor indicador por estar melhor adaptado, mais resiliente ou mais ligado à modalidade onde foi encontrado. No segundo caso, poderá revelar um carácter mais generalista. A repetição dos mesmos resultados no outro campo estudado reforça ainda mais este nosso interesse e poderá constituir informação para futuros estudos sobre bioindicadores. Assim, foram sinalizados para o grupo Arachnida os morfotipos n^{os} 58, 100 e 152 e para Carabidae os morfotipos n^{os} 51 e 55.

O campo de São João de Brito foi o único que teve uma data de amostragem em 09 de fevereiro, nas CC instaladas e na parcela da Testemunha. Seria expectável que surgissem valores mais elevados de Abundância e Riqueza de morfotipos de artrópodes na parcela da Testemunha (controlo). A emergência das CC não acompanhou o aumento da biomassa que aconteceu na Testemunha com plantas espontâneas nem foi submetida às enormes forças de pressão no solo devidas à circulação de um semeador pneumático sobre o terreno (usado nas culturas semeadas). As declarações do técnico responsável da exploração confirmaram que este ano houve uma emergência tardia das CC, devido às condições incomuns de um Inverno extremamente seco (Quadro 2) e diferenças, fora do comum; para a grande biomassa que a parcela da Testemunha apresentava. Esta parcela, teve nas capturas por armadilhas “*pitfall*” 12 morfotipos exclusivos que não perduraram no tempo nem nunca surgiram nas outras culturas. Provavelmente estariam mais adaptados às plantas espontâneas que surgiram. Este facto, teve influência nos resultados, pois constituem 33% de toda a riqueza presente na 1^a data de amostragem, em todas as quatro modalidades testadas. Estes morfotipos, que no nosso estudo foram observados exclusivamente em plantas hospedeiras espontâneas, foram mostrados na Fig. 46 e podem contribuir para estudos futuros nas relações entre estas plantas e bioindicadores. A observação destes dados leva-nos a refletir na importância dos sistemas naturais para a regeneração da biodiversidade, embora a parcela Testemunha apenas tenha estado em pousio cerca quatro meses. Diferentes artrópodes podem optar por diferentes espécies de plantas, sendo, por conseguinte, a composição da flora um fator importante para o potencial efeito supressivo dos habitats não destinados à cultura (Villa *et al.*, 2012). A possibilidade de estas faixas funcionarem como “fonte” de biodiversidade não constitui uma novidade já que os corredores ecológicos são para a agricultura de conservação

muito importantes (Amaro, 2003). A falta de uma outra amostragem no outro campo de Casal das Freiras durante a permanência das CC e da Testemunha impediu esta comparação. A análise da variância ANOVA mostrou diferenças significativas em São João de Brito. A modalidade Testemunha apresentou sempre valores significativamente mais elevados do que o Azevém e *Raphanus sativus*. Estes resultados poderão indicar alguma importância das parcelas destas plantas espontâneas na funcionalidade do ecossistema. A falta de dados não nos permitiu observar qual o grau de proximidade da modalidade Testemunha com as culturas semeadas na sua composição florística, mas apenas o grau de cobertura foi verificado e considerado. Estudos futuros poderão apresentar resultados mais precisos considerando esse facto.

O campo de São João de Brito com um sistema de rega por “pivot”, apresentava largos períodos de encharcamento, na altura em que a cultura do milho exigia dotações de rega mais elevadas. Os impactos deste distúrbio, ao nível das condições ambientais, poderão ter consequências para os resultados na fauna do solo. Alguns destes organismos, de diminutas proporções e que usam os poros existentes para a locomoção, são diretamente afetados pelas condições nestes ambientes. Entre estes fatores, a proporção ar/água pode, em casos extremos, resultar em condições de anaerobiose ou desidratação (Menta *et al.*, 2020). No entanto, poucos estudos estão disponíveis acerca do efeito de rega por “pivot” nestas comunidades e poderá ser um tema relevante de estudo na conservação da qualidade biológica dos solos agrícolas. As CC influenciam a mesofauna do solo, na regulação da temperatura pelo efeito da sombra (Menta *et al.*, 2020), contudo, a cultura do milho tem sombra total no solo e deverá ser em excesso. Em Casal das Freiras com um sistema de rega por aspersão e com dotações relativamente mais baixas, a cultura da batata apresentava condições de ciclos de alagamento e secura menos extremos. A observação destes dados talvez seja mais evidente no Índice QBS-ar. As condições da rega poderão ter influenciado o índice e outras variáveis já analisadas. Contudo, a presença de plantas seminaturais nas entrelinhas e um porte de cultura mais baixo (menos sombreamento) também poderão ter sido benéficos para o ecossistema agrário em Casal das Freiras. O carácter cumulativo da riqueza e biodiversidade de organismos ao longo do ciclo cultural e dos seus ciclos de vida sugerem que as amostragens não são independentes. Este facto poderá ter uma relação direta com a verificação dos valores mais elevados do QBS-ar se verificarem nas segundas e terceiras datas de amostragem para ambos os campos em quase todas as modalidades. Em Casal das Freiras, as percentagens de Acari (33%), Collembola (25%) e Imaturos (12%) apresentaram níveis mais equilibrados, já

que estes são os táxones com maior contributo para o Índice EMI. O Azevém teve os valores do QBS-ar mais elevados na 2ª data de amostragem (53) e *Raphanus sativus* obteve a média mais alta ($31,00 \pm 4,30$). Este valor, muito abaixo do limiar de 93,7 coloca este solo com nível de baixa qualidade biológica, mas, para o efeito comparativo, acima das outras modalidades. Contudo, dentro da escala referida no trabalho de Menta *et al.*, (2020), encontram-se tão próximos de terrenos e jardins urbanos com elevados níveis de degradação da sua qualidade biológica como do limiar inferior dos terrenos agrícolas. Os resultados do Índice QBS-ar para os valores de EMI (Índice Ecológico-Morfológico) de Collembola comparando com Acari, em ambos os campos, são muito diferentes embora, a relação entre os dois seja muitas vezes considerada em alguns estudos. Collembola apresenta maior adaptação à humidade, facto que se relaciona com a rega e sombreamento da cultura do milho. O valor mais elevado em São João de Brito (36%) para Collembola contrastou com os valores baixos e quase nulos para Acari (1%), facto que contradiz as definições de solos equilibrados para as proporções Acari/Collembola (Lupardus *et al.*, 2021). Este resultado levanta as necessidades de estudos futuros com vista a esclarecer o porquê desta diferença em relação ao reportado na bibliografia, com a identificação de Acari em níveis taxonómicos inferiores. Contudo, Jones *et al.* (2003) referem a redução dos efetivos de Acari em solos mobilizados, o que está de acordo com os pontos referidos anteriormente para as práticas que foram observadas neste campo. Em São João de Brito, o índice QBS-ar teve o seu valor máximo na modalidade *R. sativus* na 4ª data (41). Contudo, através das médias para as quatro datas, observou-se que a modalidade Azevém foi aquela em que se obteve o valor mais elevado para o QBS-ar (41,25). Os resultados para o Índice QBS-ar para as médias nas quatro datas nos dois campos permitem, embora sem significado estatístico, atribuir valores de médias mais elevadas às CC em 62,5% das datas (Anexo 14 e 15). O carácter aleatório de muitas das variáveis nos resultados destas experiências não permite concluir e caracterizar com grande precisão os locais amostrados. A continuidade da aplicação do Índice revela-se fundamental para poder assegurar esse objetivo. As aplicações do QBS-ar estão documentadas para a Polónia, Espanha, Reino Unido e Suécia, mas essas aplicações dizem respeito, principalmente, a um ou dois tipos de uso do solo. A inserção do índice QBS-ar num conjunto de protocolos ecológicos adequados para ampla adoção pela comunidade ecológica pode ser considerada uma boa oportunidade para melhorar a aplicação desse índice à escala internacional (Menta *et al.*, 2018).

5 – Conclusão

Das modalidades de CC testadas, a Consociação de leguminosas e gramíneas foi a que apresentou, em mais variáveis testadas, médias superiores. As outras CC também obtiveram médias mais altas em algumas das variáveis consideradas, mas foi *Raphanus sativus* que se mostrou mais vantajoso para outros critérios estudados.

No campo de São João de Brito a Testemunha teve médias superiores para alguns dos parâmetros, em várias datas. Os morfotipos que apenas foram encontrados nas plantas espontâneas desta parcela, e que não perduraram no tempo, contribuíram para algumas das diferenças notadas na Abundância e Riqueza de morfotipos. As observações no campo de Casal das Freiras permitiram considerar que foram as CC que obtiveram resultados mais satisfatórios.

A adoção de algumas práticas agrícolas poderá estar na origem das diferenças nos resultados obtidos, nomeadamente o Índice de Shannon, para o qual se obteve valores mais elevados na Testemunha em São João de Brito, enquanto em Casal das Freiras foram as CC a obter melhores resultados. No cálculo do Índice QBS-ar (Qualidade Biológica do Solo-artrópode) os resultados, embora sem valor estatístico, permitiram uma informação complementar para o estudo atribuindo, a estes campos, sempre valores muito baixos, dentro da escala considerada. As maiores diferenças, para este Índice, verificaram-se na variação taxonómica observada nas capturas para os grupos Acari e Collembola, entre os campos, quando se procedeu à atribuição dos valores.

A aplicação de dois métodos diferentes, visando comunidades de artrópodes distintas, demonstrou que se completam. Este estudo, permitiu uma avaliação mais alargada da qualidade e saúde do solo tentando incluir diversas comunidades de grupos funcionais de artrópodes, provenientes de diferentes *microhabitats* e desempenhando funções específicas e vitais no equilíbrio do ecossistema.

O estudo levanta questões importantes para desenvolvimento futuro, como o uso de outros bioindicadores, o valor dos sistemas seminaturais para a regeneração da biodiversidade e os impactos da mobilização do solo e dos sistemas de rega nestas comunidades de artrópodes

Alguns destes resultados corroboram estudos anteriores, que colocam as consociações como uma alternativa para a conservação da qualidade e saúde do solo. Essas alternativas deverão sempre considerar que as CC prestam os mais variados serviços

ao ecossistema agrário. Os resultados poderão contribuir para o conhecimento das CC e implementação destas práticas agrícolas validando métodos de estudo da conservação da biodiversidade funcional dos solos.

6 – Referências Bibliográficas

Abdalla, M., Hastings, A., Cheng, K., Yue, Q., Chadwick, D., Espenberg, M., Truu, J., Rees, R.M., Smith, P. (2019), A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity, *Global Change Biology* 25, pp. 2530– 2543

DOI: 10.1111/gcb.14644

Amaro, P. (2003), *A Protecção Integrada*, ISA/Press

ISBN: 972-8669-10-0

Anderson, J.M., (1988), Invertebrate-mediated transport processes in soils, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 24, , pp. 5-19

DOI: 10.1016 / 0167-8809 (88)90052-7

Barata, C. (2022), Acordo na COP15: conferência fecha com novo fundo internacional para a biodiversidade, *Público*, 19 de dezembro de 2022, “Azul – Conservação da Natureza”, *online: Acordo na COP15: conferência fecha com novo fundo internacional para a biodiversidade | Conservação da natureza | PÚBLICO (publico.pt)* (consultado em 30-12-2022)

Barrau, C., Porras, M., Romero, E., Zurera, C., Ramos, N., Soares, C., Neto, E., Marreiros, A., Entrudo, J., Romero, F. (2009), *Brassica carinata* for control of *Phytophthora* spp. in strawberry field crops, *Revista de Ciências Agrárias*, 32 , pp. 135-138

DOI: 10.19084/rca.15733

Barros, J.R.C. e Freixial, R.M.C. (2011), Agricultura de conservação. Texto de apoio para as Unidades Curriculares de Sistemas e Tecnologias Agropecuários, Tecnologia do Solo e das Culturas e Noções Básicas de Agricultura, Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Fitotecnia, Évora

<http://hdl.handle.net/10174/3108>

Bazelet, C.S., e Samways, M.J. (2011), Identifying grasshopper bioindicators for habitat quality assessment of ecological networks, *Ecological Indicators*, , pp. 1259-1269

DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.01.005

Beaumelle, L., Auriol, A., Grasset, M., Pavy, A., Thiéry, D., Rusch, A., (2021), Benefits of increased cover crop diversity for predators and biological pest control depend on the landscape context. *Ecological Solutions and Evidence*, 2, e12086. 2

DOI: 10.1002/2688-8319.1208

Blaise, C., Mazia, C., Bischoff, A., Millon, A., Ponel, P., Blight, O. (2022), Vegetation increases abundances of ground and canopy arthropods in Mediterranean vineyards. *Scientific Reports*, 12, 3680

DOI: 10.1038/s41598-022-07529-1

Borges, P.A.V., Aguiar, C., André, G., Enghoff, E., Gaspar, C., Melo, C., Quartau, J.A., Ribeiro, S.P., Serrano, A.R.M., Vieira, L., Vitorino, A. & Wunderlich, J. (2002). Relação entre o número de espécies e o número de táxones de alto nível para a fauna de artrópodes dos Açores. In C. Costa, S.A. Vanin J.L: Lobo e A. Melic (Eds.), «Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática, PrIBES 2002»: pp. 55-68. *M3m: Monografías Tercer Milenio*, Vol.2 SEA, Zaragoza

ISBN: 84-922495-8-7

Bowers, C., Toews, M.D., Schmidt, J.M. (2021), Winter cover crops shape early-season predator communities and trophic interactions. *Ecosphere*, 12(7), e03635

DOI: 10.1002/ecs2.3635

Butovsky R.O. (2011), Heavy metals in carabids (Coleoptera, Carabidae), *Carabid Beetles as Bioindicators: Biogeographical, Ecological and Environmental Studies. ZooKeys*, 100, pp. 215–222

DOI: 10.3897/zookeys.100.1529

Cárdenas Guerrero, M. (2008), *Análisis de la actividad ecológica de las arañas en el agroecosistema del olivar*, Tesis Doctoral, Granada: Universidad de Granada, Departamento de Biología Animal y Ecología.

URI: <http://hdl.handle.net/10481/1767>

Cárdenas, M., Pascual, F., Campos, M., Pekár, S. (2015), The Spider Assemblage of Olive Groves Under Three Management Systems. *Environmental Entomology*, 44, , pp. 509-518

DOI: 10.1093/ee/nvv030

Carmona, G.I., Delserone, L.M., Campos, J.N.D., Almeida, T.F., Ozório, D.V.B., Cardona, J.D.B., Wright, R., McMechan, A.J. (2021), Does Cover Crop Management

Affect Arthropods in the Subsequent Corn and Soybean Crops in the United States? A Systematic Review, *Annals of the Entomological Society of America*, 114 , pp. 151–162

DOI: 10.1093/aesa/saaa049

Chong, C. S., D'Alberto, C. F., Thomson, L. J., & Hoffmann, A. A. (2010). Influence of native ants on arthropod communities in a vineyard. *Agricultural and Forest Entomology*, 12(3), pp. 223–232.

DOI: 10.1111/j.1461-9563.2010.00472.x

Cortet, J., Ronce, D., Poinot-Balaguera, N., Beaufreton, C., Chabert, A., Viaux, P., Fonseca, J.P.C. (2002), Impacts of different agricultural practices on the biodiversity of microarthropod communities in arable crop systems, *European Journal of Soil Biology*, 38, pp. 239-244

DOI: 10.1016/S1164-5563(02)01152-4

Cotta, J.M. (2018), *Estudo da biodiversidade de artrópodes em ecossistema agrário*, Instituto Politécnico de Santarém, Escola Superior Agrária de Santarém, dissertação de Licenciatura em Agronomia, Santarém

Crowson, R.A. (1981), *The biology of Coleoptera*, Academic Press, London

ISBN: 0-12-196050-1

EU (European Union) (2020), Estratégia de Biodiversidade da UE para 2030: Trazer a natureza de volta às nossas vidas, comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões, Bruxelas, 20.5.2020, versão portuguesa

ONLINE: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0011.02/DOC_1&format=PDF

EU (European Union) (2004), Message from Malahide: halting the decline of biodiversity—priority objectives and targets for 2010, Stakeholder conference on biodiversity and the EU sustaining life, sustaining livelihoods, Malahide, Ireland

EU (European Union) (2001), Biodiversity action plan for agriculture, 27 March 2001. COM 162, Vol. 3. Brussels

Falkowski, P.G., Fenchel, T. e Delong, E.F. (2008), The Microbial Engines That Drive Earth's Biogeochemical Cycles. *Science*, 320, pp. 1034-1039

DOI: 10.1126/science.1153213

Fareleira, P., Pereira, P., Soares, R., Castro, I., V., Camacho, M.J., Rusinque, L., Nóbrega, F., Inácio, M.L., Valério, E., Godinho, M.C., Coelho, R.S., Figueiredo, E. (2021), Conhecer e melhorar o solo para a sustentabilidade dos sistemas hortícolas. *Agrotec, revista técnico-científica agrícola*, n.º 40, pp. 27-33

ISSN: 2182-4401

Freixial, R. e Carvalho, M. (2013). As fases de transição e consolidação da agricultura de conservação e da sementeira directa (AC/SD) em culturas anuais nas condições mediterrâneas. *Vida Rural – Dossier Técnico*, abril, pp. 36-40

<http://hdl.handle.net/10174/9272>

George, P.B.L., Keith, A.M., Creer, S., Barrett, G.L., Lebron, I., Emmett, B.A., Robinson, D.A., Jones, D.L. (2017), Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring programme, *Soil Biology and Biochemistry*, 115, pp. 537-546

DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.09.022

Gerlach, J., Samways, M. e Pryke, J. (2013) Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups. *Journal of Insect Conservation*, 17, pp. 831–850

DOI: 10.1007/s10841-013-9565-9G

Gonçalves, F., Carlos, C., Aranha, J., & Torres, L. (2018). Does habitat heterogeneity affect the diversity of epigeic arthropods in vineyards? *Agricultural and Forest Entomology*, 20(3), 366–379.

DOI: /10.1111/afe.12270

Griffiths, M., Delory, B.M., Jawahir, V., Wong, K.M., Bagnall, G.C., Dowd, T.G., Nusinow, D.A., Miller, A.J., Topp, C.N. (2021), Optimisation of root traits to provide enhanced ecosystem services in agricultural systems: A focus on cover crops, *Plant, Cell & Environment*, 45, pp. 751–770.

DOI: 10.1111/pce.14247

Gullan, P.J., e Cranston, P.S. (2014), *The Insects: An Outline of Entomology*, 5th ed., Wiley Blackwell

ISBN: 978-1-118-84615-5

Hågvar, S. (1998), The relevance of the Rio-Convention on biodiversity to conserving the biodiversity of soils, *Applied Soil Ecology*, 9, pp. 1-7

DOI: 10.1016/S0929-1393(98)00115-2

Hoffmann, B.D, Andersen, A.N (2003), Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups, *Austral Ecology*, 28, p. 444-464

DOI: 10.1046/j.1442-9993.2003.01301.x

Holland, J.M.; Luff, M.L. (2000), The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems, *Integrated Pest Management Reviews*, 5, pp. 109–129

DOI: 10.1023/A:1009619309424

Hooper, DU; Chapin, FS; Ewel, JJ; Héctor, A.; Inchausti, P.; Lavorel, S.; Lawton, JH; Lodge, DM; Loreau, M.; Naeem, S.; (2005), Effects Of Biodiversity On Ecosystem Functioning: A Consensus Of Current Knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1), pp. 3-35

DOI: 10.1890/04-0922

Jones, D.T.; Susilo, F.X.; Bignell, D.E.; Hardiwinoto, S.; Gillison, A.N.; Eggleton, P. (2003), Termite assemblage collapse along a land-use intensification gradient in lowland central Sumatra, Indonesia, *Journal of Applied Ecology*, 40, pp. 380–391

DOI: 10.1046/j.1365-2664.2003.00794.x

Kautz, T.; López-Fando, C.; Ellmer, F. (2006), Abundance and biodiversity of soil microarthropods as influenced by different types of organic manure in a long-term field experiment in Central Spain, *Applied Soil Ecology*, 33, pp. 278–285

DOI: 10.1016/j.apsoil.2005.10.003

Kaye, J.P., Quemada, M. (2017), Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 4

DOI:10.1007/s13593-016-0410-x

Kelly, C., Fonte, S.J., Shrestha, A., Daane, K.M., and Mitchell, J.P. (2021), Winter cover crops and no-till promote soil macrofauna communities in irrigated, Mediterranean cropland of California. *Applied Soil Ecology* 166, 104068

DOI: 10.1016/j.apsoil.2021.104068

Kim, N., Riggins, C.W., Zabaloy, M.C., Allegrini, M., Rodriguez-Zas, S.L., Villamil, M.B. (2022), High-Resolution Indicators of Soil Microbial Responses to N Fertilization and Cover Cropping in Corn Monocultures, *Agronomy*, 12(4), pp. 954

DOI: 10.3390/agronomy12040954

Koziel, M.G., Carozzi, N.B., Currier, T.C., Warren, G.W., Evola, S.V. (1993), The Insecticidal Crystal Proteins of *Bacillus thuringiensis*: Past, Present and Future Uses, *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 11(1), pp. 171-228

DOI: 10.1080/02648725.1993.10647901

Lavelle, P. (2004), Earthworm activities and the soil system, *Biology and Fertility of Soils*, 6, pp. 237-251

DOI: 10.1007/BF00260820

Linzmeier, A.M., Ribeiro-Costa, C.S. e Marinoni, R. (2006), Alticini (Newman) (Coleoptera, Chrysomelidae, Galerucinae) fauna in different successional stages in an Araucaria Forest of Paraná, Brazil: diversity and estimation of species richness, *Revista Brasileira de Entomologia*, 50(1), pp.101-109

DOI:10.1590/S0085-56262006000100015

Lugato, E., Bampa, F., Panagos, P., Montanarella, L., Jones, A. (2014), Potential carbon sequestration of European arable soils estimated by modelling a comprehensive set of management practices, *Global Change Biology*, 20, pp. 3557-3567

DOI: 10.1111/gcb.12551

Lupardus, R.C. Battigelli, J.P., Janz, A., Lumley, L.M. (2021), Can soil invertebrates indicate soil biological quality on well pads reclaimed back to cultivated lands?, *Soil and Tillage Research*, 213, 105082

DOI: 10.1016/j.still.2021.105082

Machado, J.S., Oliveira Filho, L.C.I., Santos, J.C.P., Tadeu, A. e Barrett, P.D. (2019), Diversidade morfológica de colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em sistemas de uso da terra, *Biota Neotrópica*, 19 (1), e20180618

DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2018-0618

Marino, P.C. e Landis, D.A. (2000), Parasitoid Community Structure Implications for Biological Control in Agricultural Landscapes, *Interchanges of Insects between Agricultural and Surrounding Landscapes*. Springer, Dordrecht

DOI: 10.1007/978-94-017-1913-1_11

Menta, C., Conti, F.D., Pinto, S., Bodini, A. (2018), Soil Biological Quality index (QBS-ar): 15 years of application at global scale, *Ecological Indicators*, 85, pp. 773-780

DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.11.030

Menta, C., Conti, F.D., Lozano Fondón, C., Staffilani, F., e Remelli, S. (2020), Soil Arthropod Responses in Agroecosystem: Implications of Different Management and Cropping Systems, *Agronomy* 10, pp. 982

DOI: 10.3390/agronomy10070982

Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcua, S., Favila, M.E. (2008), Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles, *Biological Conservation*, 141(6), pp. 1461-1474

DOI: 10.1016/j.biocon.2008.04.011

Nuria, R., Jérôme, M., Léonide, C., Christine, R., Gérard, H., Etienne, I., Patrick, L. (2011), IBQS: A synthetic index of soil quality based on soil macro-invertebrate communities, *Soil Biology and Biochemistry*, 43, , pp. 2032-2045

DOI: 10.1016/j.soilbio.2011.05.019

Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C., e Mozzanica, E. (2005), Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105, pp. 323–333

DOI:10.1016/j.agee.2004.02.002

Peck, S.L., McQuaid, B. e Campbell, C.L. (1998), Using Ant Species (Hymenoptera: Formicidae) as a Biological Indicator of Agroecosystem Condition, *Environmental Entomology*, 27, , pp. 1102-1110

DOI: 10.1093/ee/27.5.1102

Perego, A., Rocca, A., Cattivelli, V., Tabaglio, V., Fiorini, A., Barbieri, S., Schillaci, C., Chiodini, M.E., Brenna, S., e Acutis, M. (2019), Agro-environmental aspects of conservation agriculture compared to conventional systems: A 3-year experience on 20 farms in the Po valley (Northern Italy), *Agricultural Systems*, 168, pp. 73-87

DOI: 10.1016/j.agry.2018.10.008

Pereira, J.M., Segat, J.C., Baretta, D., Vasconcellos, R.L.F., Baretta, C.R.D.M., Cardoso, E.J.B.N., (2017), Soil Macrofauna as a Soil Quality Indicator in Native and replanted *Araucaria angustifolia* Forests, *Revista Brasileira de Ciências do Solo*: 41, e0160261

[DOI: 10.1590/18069657rbc20160261](https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160261)

Pedro, L., Perera-Fernández, L.G., López-Gallego, E., Pérez-Marcos, M. Sánchez, J.A. (2020), The Effect of Cover Crops on the Biodiversity and Abundance of Ground-Dwelling Arthropods in a Mediterranean Pear Orchard, *Agronomy*, 10(4), 580

[DOI: 10.3390/agronomy10040580](https://doi.org/10.3390/agronomy10040580)

Petrović, A. (2022), Sizing the Knowledge Gap in Taxonomy: The Last Dozen Years of Aphidiinae Research, *Insects*, 13(2), , 170

[DOI: 10.3390/insects13020170](https://doi.org/10.3390/insects13020170)

Pik, A.J., Oliver, I. e Beattie, A.J. (1999), Taxonomic sufficiency in ecological studies of terrestrial invertebrates. *Australian Journal of Ecology*, 24, pp. 555-562

[DOI: 10.1046/j.1442-9993.1999.01003.x](https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.1999.01003.x)

Puissant, J., Villenave, C., Chauvin, C., Plassard, C., Blanchart, E., Trap, J. (2021), Quantification of the global impact of agricultural practices on soil nematodes: A meta-analysis, *Soil Biology and Biochemistry*, 161, 108383

[DOI: 10.1016/j.soilbio.2021.108383](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108383)

Richards, O.W., e Davies, R.G. (1977), Imms' General textbook of entomology, 10th ed., Vol. 2: Classification and Biology, Chapman & Hall

[ISBN: 0412152207](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108383)

Roberts, J. T., Heithaus, E. R. (1986), Ants Rearrange the Vertebrate-Generated Seed Shadow of a Neotropical Fig Tree, *Ecology*, 67, pp. 1046-1051

[DOI:10.2307/1939827](https://doi.org/10.2307/1939827)

Ruiz-Lupion, D., Pascual, J., Melguizo-Ruiz, N., Verdeny-Vilalta, O., e Moya-Laraño, J. (2019), New Litter Trap Devices Outperform Pitfall Traps for Studying Arthropod Activity, *Insects*, 10 (5), 147

[DOI: 10.3390/insects10050147i](https://doi.org/10.3390/insects10050147i)

Sanders, D., & Van Veen, F. J. F. (2011). Ecosystem engineering and predation: The multi-trophic impact of two ant species. *Journal of Animal Ecology*, 80(3), pp. 569– 576.

DOI: 10.1111/j.1365-2656.2010.01796.x

Santos, M., Silva, R.A., e Antunes, S.C., (2018), Artrópodes, *Revista de Ciência Elementar*, 6 (2), 042

DOI: 10.24927/rce2018.042

Schwerdt, L., Villalobos, A.E., e Pérez Miles, F. (2018), Aranhas como potenciais bioindicadores da saúde dos campos de montanha: a tarântula argentina *Grammostola vachoni* (Araneae, Theraphosidae), *Wildlife Research*, 45(1), pp. 64-71

DOI: 10.1071/WR17071

Tsiafouli, M.A., Thébault, E., Sgardelis, S.P., Rüter, P.C., van der Putten, W.H., Birkhofer, K., Hemerik, L., de Vries, F.T., Bardgett, R.D., Brady, M.V., Bjornlund, L., Jørgensen, H.B., Christensen, S., D' Hertefeldt, T., Hotes, S., Hol, W.H.G., Frouz, J., Liiri, M., Mortimer, S.R., Setälä, H., Tzanopoulos, J., Uteseny, K., Pižl, V., Stary, J., Wolters, V., Hedlund, K. (2014), Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe, *Global Change Biology*, 21, pp. 973-985.

DOI: 10.1111/gcb.12752

UN/ECE (United Nations, Economic Commission for Europe) (2003), Kyiv resolution on biodiversity. In: Fifth ministerial conference 'environment for Europe', 21–23 May 2003, Kyiv, Ukraine. Document ECE/CEP/108 MA

Villa, M., Santos, S.A.P., Aguiar, C., Mota, L., Pereira, J.A., & Bento, A. (2012), Diversidade de plantas da cobertura vegetal herbácea do olival e sua correlação com a diversidade de artrópodes, *VI Simpósio Nacional de Olivicultura, Actas Portuguesas de Horticultura*, n.º 21, pp. 269-279.

ISBN: 978-972-8936-12-9

Zhang, H. e Bu, W. (2022), Exploring Large-Scale Patterns of Genetic Variation in the COI Gene among Insecta: Implications for DNA Barcoding and Threshold-Based Species Delimitation Studies, *Insects*, 13 (5), 42

DOI: 10.3390/insects13050425

7 - Webgrafia

Borges, P.A.V. (2010). «Artrópodes terrestres», <http://siaram.azores.gov.pt/fauna/artropodes/texto-artropodes-terrestres.html> (acedido em 14/05/2023)





Godinho, 2021 – RE_DESCOBRIR O SOLO, <https://docs.google.com/presentation/d/1SPVf4783P1B7vp33ATVJOGuQsaNJe-bt/edit#slide=id.p1> (acedido em 15/12/2022)

Syngenta, 2022 – <https://www.syngenta.pt/product/crop-protection/arcade> (acedido em 19/01/2023)




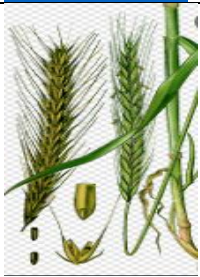

Wikipedia, 2022 – <https://pt.wikipedia.org/> (acedido de setembro a dezembro de 2022)

Anexos

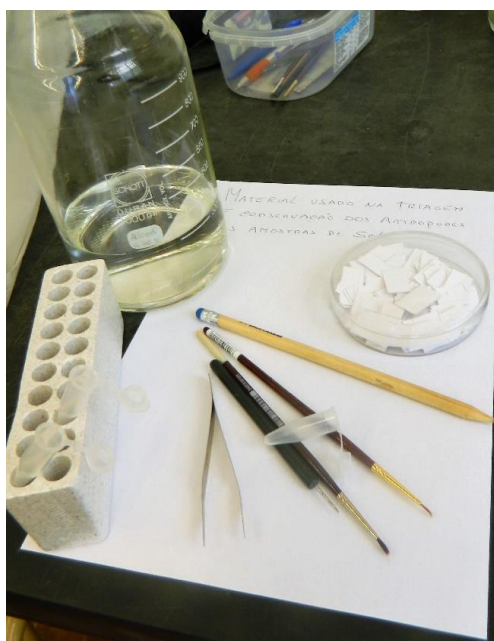
Anexo 1 – Misturas de espécies de sementes na composição da Consociação em São João de Brito

| Nome comum | Nome científico | Desenho Técnico |
|-----------------|---------------------------------|--|
| aveia estrigosa | <i>Avena strigosa</i> |  |
| azevém anual 2n | <i>Lolium multiflorum</i> |  |
| ervilhaca-comum | <i>Vicia sativa</i> |  |
| trevo-da-pérsia | <i>Trifolium resupinatum</i> L. |  |

Anexo 2 – Misturas de espécies de sementes na composição da Consociação em Casal das Freiras

| Nome comum | Nome científico | Desenho Técnico |
|------------------|---------------------------------|--|
| ervilhaca-comum | <i>Vicia sativa</i> |  |
| trevo-da-pérsia | <i>Trifolium resupinatum</i> L. |  |
| ervilhaca-peluda | <i>Vicia villosa</i> |  |
| triticale | × <i>Triticosecale</i> |  |
| cevada híbrida | <i>Hordeum vulgare</i> |  |

Anexo 3 – Alguns dos materiais usados nas diferentes fases no laboratório

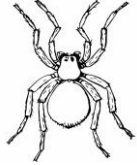



















Fonte: Fotografias do autor

Anexo 4 – Tabela de grupos tróficos nos artrópodes do solo

| GRUPO TRÓFICO | SUBGRUPO TRÓFICO | SUBSTRATO ALIMENTAR |
|----------------------|-------------------------|---|
| Herbívoro | Filófago | Folha |
| | Xilófago | Lenho |
| | Caulífago | Caule |
| | Fleófago | Floema |
| | Antófago | Flor |
| | Nectarífago | Néctar |
| | Polinífago | Pólen |
| | Carpófago | Fruto |
| | Espermófago | Semente |
| | Rizófago | Raiz |
| <hr/> | | |
| Algívoro | | |
| Frugívoro | Mixomicófago | Mixomicetos |
| | Ascomicófago | Ascomicetos |
| | Basidiomicófago | Basidiomicetos |
| | Deuteromicófago | Deuteromicetos |
| <hr/> | | |
| Detritívoro | Necrófago | Animais em decomposição, cadáveres |
| | Coprófago | Excrementos |
| | Fitosaprófago | Restos vegetais |
| <hr/> | | |
| Carnívoro | Predador | Mata um animal para comer, geralmente duas ou mais presas em sua vida |
| | Parasita | Organismo que vive na superfície - ectoparasita, ou no interior - endoparasita de outro animal do qual ele obtém alimento, abrigo ou outras vantagens. |
| | Parasitóide | Insetos cujas larvas se desenvolvem alimentando-se sobre ou dentro de artrópodos hospedeiros; ou, inseto parasita interno ou externo que mata lentamente o seu hospedeiro, e este evento ocorre próximo ao fim do desenvolvimento larval do parasita. |

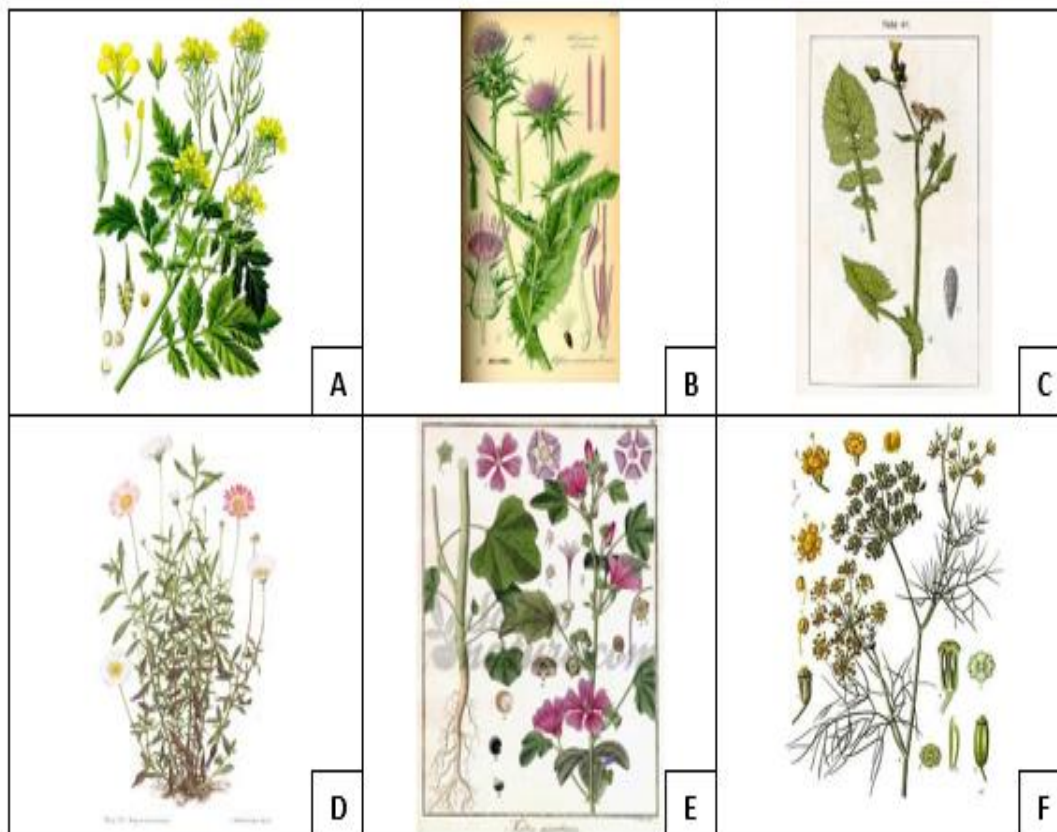
Anexo 5 – Principal Taxa encontrada nas identificações para as capturas por armadilhas “pitfall”

| | | |
|---|--|--|
|  ARANEAE |  DERMAPTERA |  HEMIPTERA |
|  OPILLIONE |  STAPHYLINIDAE |  GRILLOIDEA |
|  ACARI |  CARABIDAE |  BRACONIDAE |
|  ISOPODA |  CHILOPODA |  APHIDIDAE |
|  VESPIDAE |  CICADIDAE | THRIPIDAE |
|  FORMICIDAE |  DIPLURA | CHRYSOPIDAE |
|  DIPTERA |  COLLEMBOLA | COCCINILIDAE |

Anexo 6 – Distribuição de morfotipos exclusivos de uma só cultura ou presentes em todas

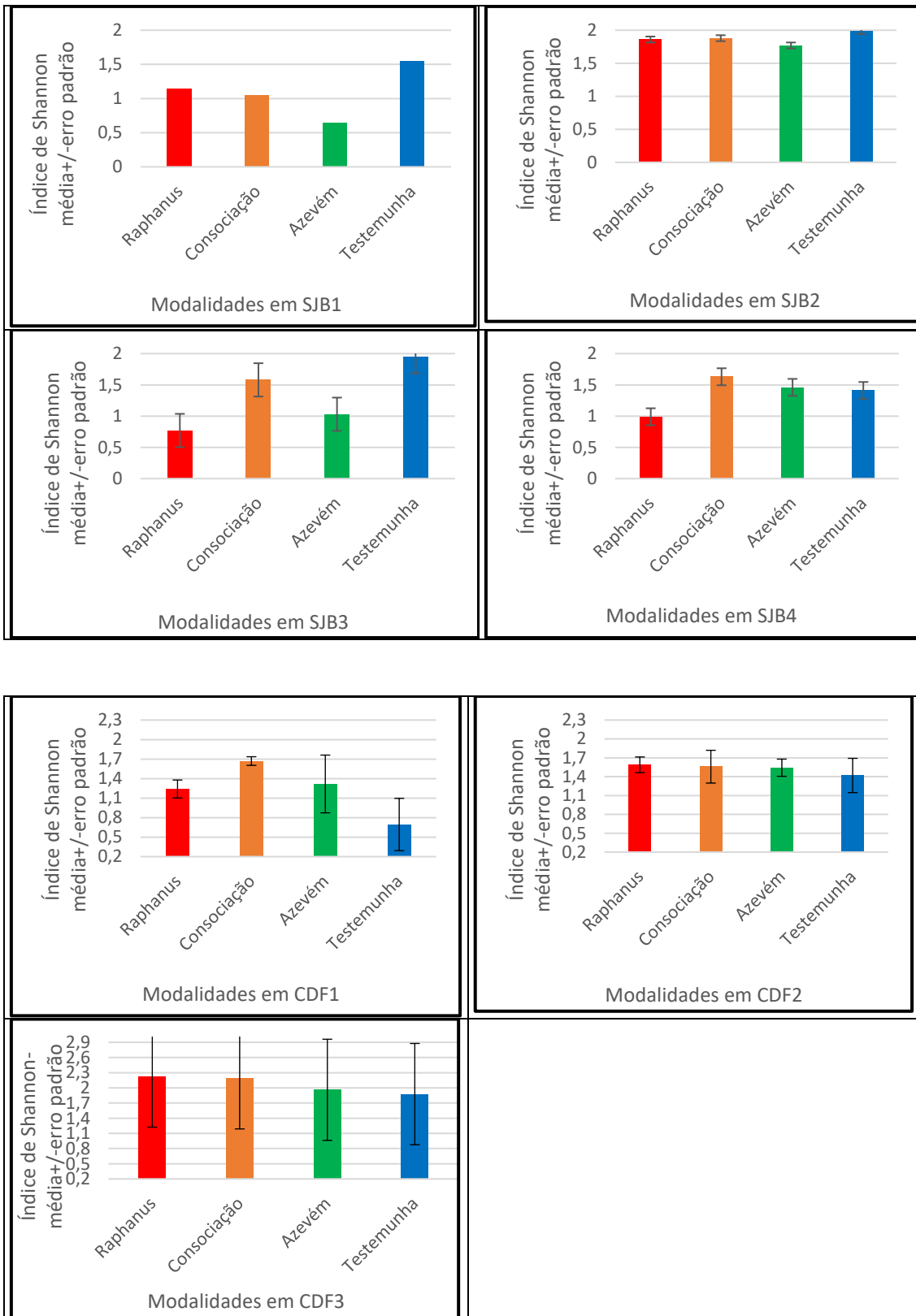
| Distribuição dos morfotipos de Arachnida em SJB presentes numa só modalidade ou presentes em todas | | | | |
|--|---------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| Presentes em todas as modalidades | Presentes numa única modalidade | | | |
| | Modalidade | | | |
| | <i>R. sativus</i> | Consociação | Azevém | Testemunha |
| 5 | | | | |
| 43 | | | | |
| 58 | 100-152 | 43 | 89 | 115 |
| 101 | | 50 | | |
| Distribuição dos morfotipos de Carabidae em SJB presentes numa só modalidade ou presentes em todas | | | | |
| Presentes em todas as modalidades | Presentes numa única modalidade | | | |
| | Modalidade | | | |
| | <i>R. sativus</i> | Consociação | Azevém | Testemunha |
| 40 | | | | |
| 47 | | | | |
| 59 | 129 | 51-53 55 | | 70 123 |
| Distribuição dos morfotipos de Arachnida em CDF presentes numa só modalidade ou em todas | | | | |
| Presentes em todas as modalidades | Presentes numa única modalidade | | | |
| | Modalidade | | | |
| | <i>R. sativus</i> | Consociação | Azevém | Testemunha |
| 10 | | | | |
| 25 | | | | |
| 46 | 100 | | 133 | 84 |
| 50 | 152 | | | |
| 58 | | | | |
| Distribuição dos morfotipos de Carabidae em CDF presentes numa só modalidade ou em todas | | | | |
| Presentes em todas as modalidades | Presentes numa única modalidade | | | |
| | Modalidade | | | |
| | <i>R. sativus</i> | Consociação | Azevém | Testemunha |
| 62 | | | | |
| 67 | 59 | 32 51 52 77 | 47 53 155 | 35 61 129 |

Anexo 7 – Identificação de algumas das plantas espontâneas presentes nas parcelas da Testemunha nos dois campos



Algumas das plantas espontâneas identificadas na parcela da Testemunha em Casal das Freiras e São João de Brito: **A** – Mostarda (*Brassica juncea*). Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Mostarda_%28planta%29#/media/Ficheiro:Sinapis_alba_-_K%C3%B6hler%E2%80%93s_Medizinal-Pflanzen-265.jpg, / **B** - Cardo (*Galactites tomentosa* Moench). Fonte: https://es.wikipedia.org/wiki/Silybum_marianum#/media/Archivo:Illustration_Silybum_marianum0.jpg / **C** - Serralha-macia (*Sonchus oleraceus* L.). Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Sonchus_oleraceus#/media/Ficheiro:Sonchus_oleraceus_Surtm49.jpg, / **D** - Margaça (*Erigeron karvinskianus* DC.), Fonte: <https://www.jstor.org/stable/45066186> / **E** - Malva (*Lavatera cretica* L.), Fonte: <https://www.soin-et-nature.com/pt/5418-wild-purple-leaf-cut-iphym-malva-sylvestris-l-herbalism.html> / **F** - Funcho (*Foeniculum vulgare* Miller subsp. *pipteritum*), Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Funcho#/media/Ficheiro:Foeniculum_vulgare_-_K%C3%B6hler%E2%80%93s_Medizinal-Pflanzen-148.jpg.

Anexo 8 – Médias do Índice de Shannon nas quatro datas em São João de Brito e Casal das Freiras



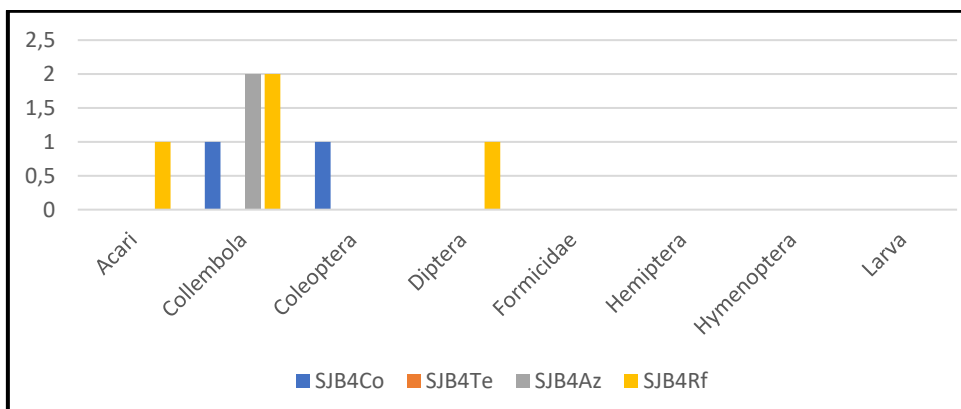
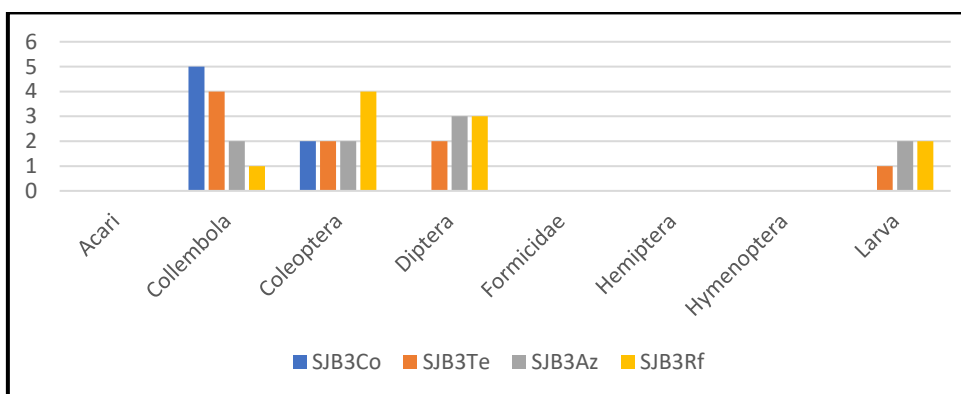
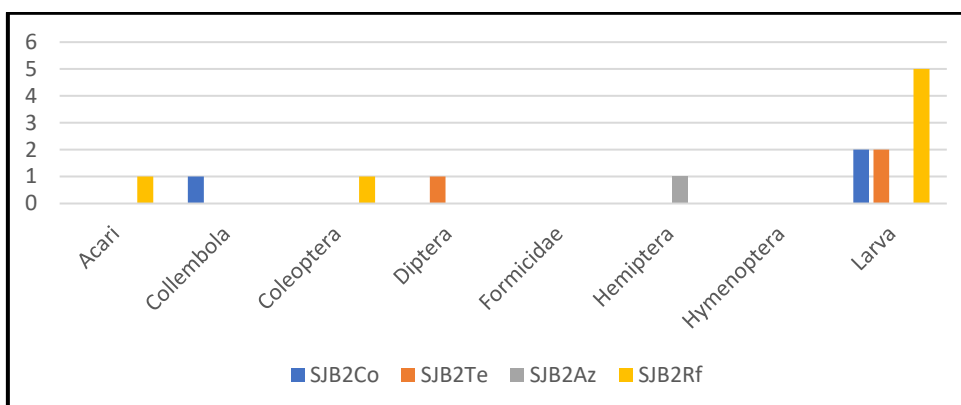
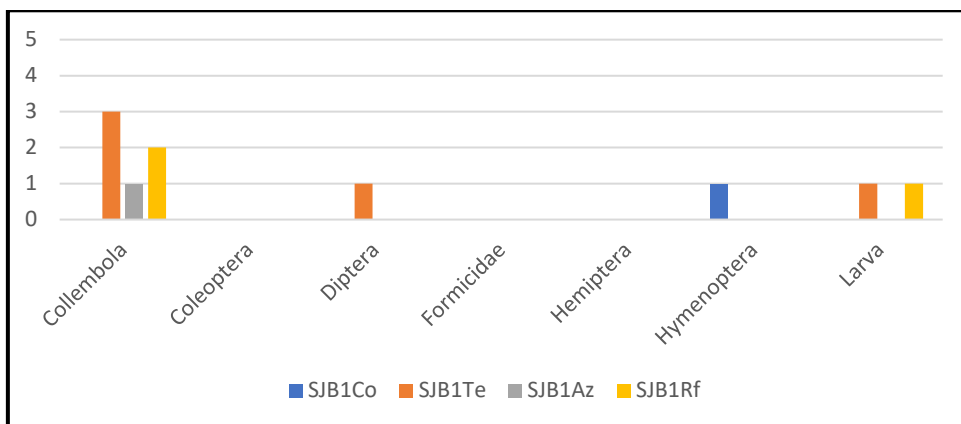
Anexo 9 – Resultados da ANOVA para as variáveis Abundância, Riqueza e Índice de Shannon

| Campo de São João de Brito (SJB) | | | |
|----------------------------------|--|--|--|
| | Abundância | Riqueza | Índice de Shannon |
| Data 1 | Cochran ns F _{3,12} = 1.69 P= 0.2200 n.s. | Cochran ns F _{3,12} = 3.17 P= 0.0638 n.s. | Cochran ns F _{3,12} = 2,44 P= 0,1144 n.s. |
| Data 2 | Cochran ns F _{3,12} = 0.58 P= 0.6313 n.s. | Cochran ns F _{3,12} = 0.63 P= 0.6089 n.s. | Cochran ns F _{3,12} = 0,21 P= 0,888 n.s. |
| Data 3 | Cochran ns F _{3,12} = 3.94 P= 0.0362 d.s. | Cochran ns F _{3,12} = 4.98 P= 0.0180 d.s. | Cochran ns F _{3,12} = 2,62 P= 0,099 n.s. |
| Data4 | Cochran ns F _{3,12} = 3.68 P= 0.0434 d.s. | Cochran ns F _{3,12} = 0.43 P= 0.7372 n.s. | Cochran ns F _{3,12} = 0,50 P= 0,68 n.s. |
| Campo de Casal das Freiras (CDF) | | | |
| Data 1 | Cochran ns F _{3,12} = 1,05 P= 0,4064 n.s. | Cochran ns F _{3,12} = 1,96 P= 0,1732 n.s. | Cochran ns F _{3,12} = 1,70 P= 0,219 n.s. |
| Data 2 | Cochran ns F _{3,12} = 1,16 P= 0,3656 n.s. | Cochran ns F _{3,12} =0,48 P= 0,6997 n.s. | Cochran ns F _{3,12} = 0,13 P= 0,943 n.s. |
| Data 3 | Cochran ns F _{3,12} = 3,19 P= 0,0628 n.s. | Cochran ns F _{3,12} =1,06 P= 0,4016 n.s. | Cochran ns F _{3,12} = 2,62 P= 0,099 n.s. |

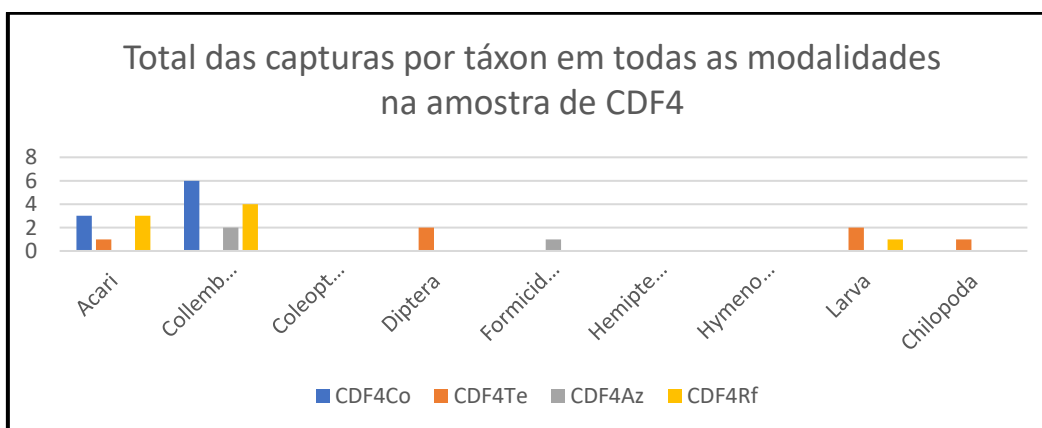
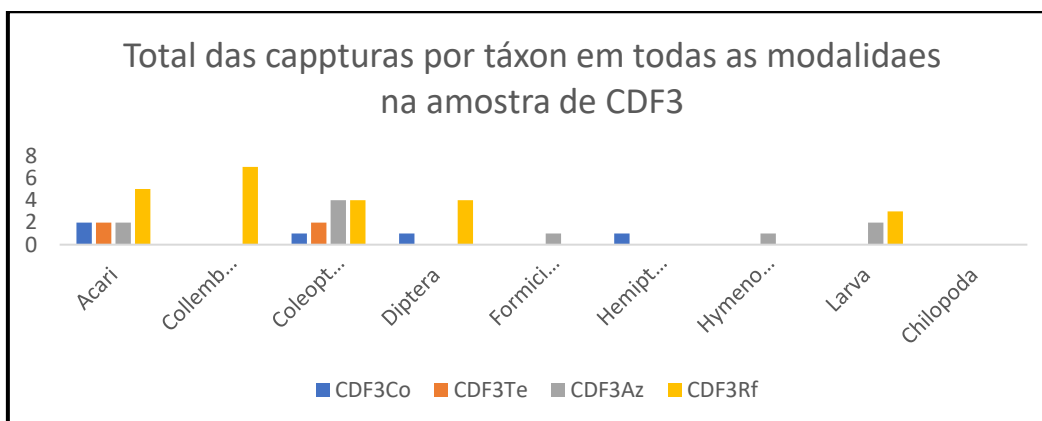
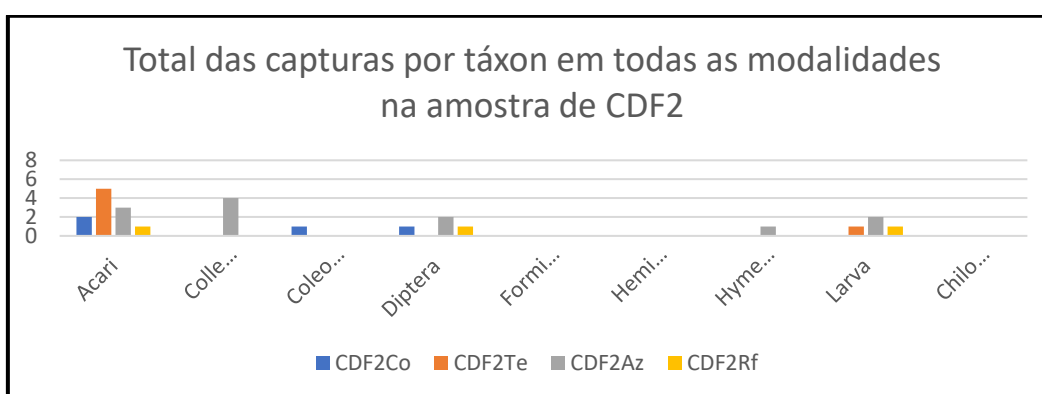
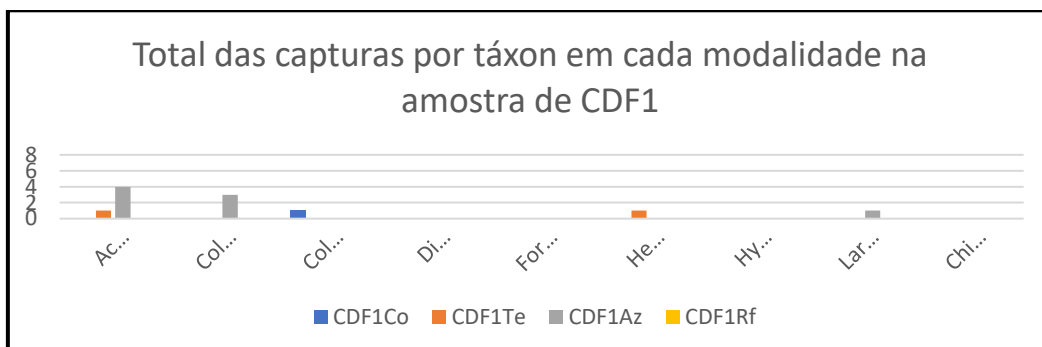
Anexo 10 – Resultado da análise de variância ANOVA para os Bioindicadores

| Data | Resultados da ANOVA (Bioindicadores Abundância) no Campo de São João de Brito (SJB) | | |
|------|---|-------------------------------|--------------------------------|
| | Arachnida | <i>Carabidae</i> | Formicidae |
| SJB1 | Cochran n.s. F=1,13 p=0,37 | Cochran n.s. F=3,00 p=0,07 | Cochran n.s. F=0,0 p=0,0 |
| SJB2 | Cochran n.s. F=1,53 p=0,25 | Cochran n.s. F=0,96 p=0,44 | Cochran n.s. F=1,00 p=0,42 |
| SJB3 | Cochran n.s. F=1,94 p=0,17 | Cochran n.s. F=1,26 p=0,33 | Cochran n.s. F=1,57 p=0,24 |
| SJB4 | Cochran n.s. F= 0,71 p=0,56 | Cochran n.s. F=0,63 p=0,61 | Cochran n.s. F=1,22 p=0,34 |
| Data | Resultados da ANOVA (Bioindicadores Riqueza) no Campo de São João de Brito (SJB) | | |
| | Arachnida | <i>Carabidae</i> | Formicidae |
| SJB1 | Cochran n.s. F=0,31 p=0,81 | Cochran n.s. F=3,00 p=0,07 | Cochran n.s. F=0,0 p=0,0 |
| SJB2 | Cochran n.s. F=3,00 p=0,07 | Cochran n.s. F=1,49 p=0,26 | Cochran n.s. F=0,57 p=0,64 |
| SJB3 | Cochran n.s. F=2,88 p=0,08 | Cochran n.s. F=1,71 p=0,21 | Cochran n.s. F=1,80 p=0,20 |
| SJB4 | Cochran n.s. F=0,06 p=0,97 | Cochran n.s. F=0,20 p=0,89 | Cochran n.s. F=0,58 p=0,63 |
| Data | Resultados da ANOVA (Bioindicadores Abundância) no Campo de Casal das Freiras (CDF) | | |
| | Arachnida | <i>Carabidae</i> | Formicidae |
| CDF1 | Cochran n.s. F=1,13 p=0,37 | Cochran n.s. F=1,33 p=0,30 | Cochran n.s. F= 1,00 p=0,42 |
| CDF2 | Cochran n.s. F=6,62 p=0,006 | Cochran n.s. F=0,02 p=0,99 | Cochran n.s. F=1,48 p=0,27 |
| CDF3 | Cochran n.s. F=0,02 p=0,99 | Cochran n.s. F=1,71 p=0,21 | Cochran n.s. F=3,44 p=0,051 |
| Data | Resultados da ANOVA (Bioindicadores Riqueza) no Campo de Casal das Freiras (CDF) | | |
| | Arachnida | <i>Carabidae</i> | Formicidae |
| CDF1 | Cochran n.s. F=1,79 p=0,20 | Cochran n.s. F=1,76 p=0,20 | Cochran n.s. F=1,00 p=0,42 |
| CDF2 | Cochran n.s. F= 2,57 p=0,10 | Cochran n.s. F=1,00 p=0,42 | Cochran n.s. F=1,57 p=0,24 |
| CDF3 | Cochran n.s. F=0,31 p=0,82 | Cochran n.s. F=1,71 p=0,21 | Cochran n.s. F=9,43 p=0,001 |

Anexo 11 – Gráficos relativos às capturas de artrópodes por sonda de solo, no campo de São João de Brito, em cada uma das modalidades e por data de amostragem



Anexo 12 – Gráficos relativos às capturas de artrópodes por sonda de solo, no campo de Casal das Freiras, em cada uma das modalidades e por data de amostragem



Anexo 13 – Índice Ecológico-Morfológico (EMI). Menta (2018)

| Taxa | Main characteristics | EMI | Taxa | Main characteristics | EMI |
|------------------|--|--|---------------------|--|---|
| Pseudoscorpiones | Pincers similar to those of scorpions | 20 | Mycrocoryphia | Elongated body Long tail-like structures | 10 |
| Scorpiones | Pincers and tail with a venomous stinger. Only Juvenile forms | 10 | Zygentoma | Silvery glitters scales 2 lateral filaments as cerci | 10 |
| Palpigrades | 3 mm Segmented abdomen with a whip-like flagellum | 20 | Dermoptera | Forceps-like pincers as cerci | 1 |
| Opiliones | Eyes Segmented abdomen | 10 | Orthoptera | Elongated hind legs for jumping | 1 |
| Araneae | Eight legs Chelicerae with fangs | > 5mm → 1 < 5mm, scarcely pigmented → 5 | Embioptera | Elongated body Wings in male | 10 |
| Nites | 4 pair of legs | 20 | Isoptera | Short abdominal cerci | 10 |
| Isopods | 7 pairs of jointed limbs | 10 | Blattaria | Flattened body | 5 |
| Diplapods | 2 pairs of ventrally jointed legs | > 5mm → 10 < 5mm Polixenida → 20 | Psocoptera | Long antennae Wings or wing-less | 1 |
| Pauropods | < 2 mm 11 pairs of legs in adults Branched antennae | 20 | Hemiptera | Stylet mouthpart | Epigeus or root-feeders → 1 Cicada larvae → 10 |
| Symphylans | Long segmented antennae Abdominal cerci | 10 | Tysanoptera | Rectangular head Fringed wings | 1 |
| Chilopods | Forcípules Segmented body with a pair of legs (> 15) | > 5mm Well-developed legs → 10 < 5mm Geophilomorphs (Fig. 2) → 20 | Coleoptera | Elytra | Epigeic forms → 1 → 5 → 10 → 15 → 20 |
| Praturans | No antennae 3 pairs of legs, the first ones held up, pointing forward | 20 | | 4 parameters have to be considered: - Dimension (< 2 mm) - Pigmentation (tan-brown colour) - Reduced or absence of eyes - Reduced or absence of wings For each parameter, if present, 5 points are attributed and their sum is the EMI value. | |
| Diplurans | Eyes-less, Long antennae Cerci (filamentous or pincer-like) | 20 | Hymenoptera | Narrow waists | Ants → 1 → 5 |
| Springtails | Furca 3 pair of legs | > 2 mm Complex pigmentation Well-developed appendages → 1 Pigmentation Well-developed appendages Well-developed visual apparatus → 2 Small size Modest pigmentation Average length of appendages → 4 Developed visual apparatus Not elongated appendages Pigmentation → 6 Scarcely developed appendages Short or absent furca Pigmentation → 8 Absence of pigmentation Reduced dimension Furca present but reduced → 10 No pigmentation No furca Short appendages → 20 | Diptera | Halteres (balancing organs) | 1 |
| | | | Larvae | Coleoptera (Fig. 3) ↓ Sclerified head 3 pairs of legs | 10 |
| | | | | Diptera ↓ Small or absent head No legs | 10 |
| | | | | Hymenoptera ↓ Bottle shape Sometimes prolegs | 10 |
| | | | | Lepidoptera ↓ 3 pairs of small legs Prolegs with grasping spines | 10 |
| | | | Other holometabolos | Mecoptera, Neuroptera, Raphidioptera | 1 |

Anexo 14 – Modalidade com valores mais elevados de média+/-erro padrão para cada uma das variáveis resposta (sem significado estatístico) para a Data 1 e Data 2

| VARIÁVEL RESPOSTA DATA 1 | SÃO JOÃO DE BRITO – VARIÁVEL INDEPENDENTE CC | CASAL DAS FREIRAS - VARIÁVEL INDEPENDENTE CC |
|------------------------------|--|--|
| Abundância | Te | Sem amostragem |
| Riqueza de morfotipos | Te | Sem amostragem |
| Índice de Shannon | Te | Sem amostragem |
| Arachnida - Abundância | Az | Sem amostragem |
| Arachnida - Riqueza de morf. | Az | Sem amostragem |
| Carabidae - Abundância | Rf | Sem amostragem |
| Carabidae - Riqueza de morf. | Rf | Sem amostragem |
| Formicidae - Abundância | Co | Sem amostragem |
| Formicidae - Riqueza de mor. | Co | Sem amostragem |
| QBS-ar | Te | Az |

| VARIÁVEL RESPOSTA DATA 2 | SÃO JOÃO DE BRITO – VARIÁVEL INDEPENDENTE CC | CASAL DAS FREIRAS - VARIÁVEL INDEPENDENTE CC |
|------------------------------|--|--|
| Abundância | Co | Co |
| Riqueza de morfotiposs | Co | Co |
| Índice de Shannon | Te | Co |
| Arachnida - Abundância | Te | Co |
| Arachnida - Riqueza de morf. | Co | Co |
| Carabidae - Abundância | Co | Az |
| Carabidae - Riqueza de morf. | Co | Co |
| Formicidae - Abundância | Co | Co |
| Formicidae - Riqueza de mor. | Co | Co |
| QBS-ar | Rf | Az |

Anexo 15 – Modalidade com valores mais elevados de média+/-erro padrão para cada uma das variáveis resposta (sem significado estatístico) para a Data 3 e Data 4

| VARIÁVEL RESPOSTA DATA 3 | SJB – VARIÁVEL INDEPENDENTE CC | CDF - VARIÁVEL INDEPENDENTE CC |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Abundância | Te | Az |
| Riqueza de morfotiposs | Te | Co |
| Índice de Shannon | Te | Rf |
| Arachnida - Abundância | Co | Az |
| Arachnida - Riqueza de morf. | Co | Az |
| Carabidae - Abundância | Te | Te |
| Carabidae - Riqueza de morf. | Te | Co |
| Formicidae - Abundância | Co | Co |
| Formicidae - Riqueza de mor. | Co | Co |
| QBS-ar | Rf Az Te | Te |

| VARIÁVEL RESPOSTA DATA 4 | SJB – VARIÁVEL INDEPENDENTE CC | CDF - VARIÁVEL INDEPENDENTE CC |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Abundância | Te | Az |
| Riqueza | Co | Rf |
| Índice de Shannon | Co | Rf |
| Arachnida - Abundância | Te | Rf |
| Arachnida - Riqueza de morf. | Az | Rf |
| Carabidae - Abundância | Te | Co |
| Carabidae - Riqueza de morf. | Co | Co |
| Formicidae - Abundância | Co | Co |
| Formicidae - Riqueza de mor. | Co | Co |
| QBS-ar | Rf | Te |