



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE VIANA DO CASTELO

Amaro Pereira de Amorim

*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) no Minho: bioecologia da praga, parasitoides nativos e controlo biológico com *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae)

Mestrado em Agricultura Biológica

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professora Doutora Maria Luísa Roldão Marques Moura  
Professor Doutor José Raúl de Oliveira Rodrigues

Maio de 2021

As doutrinas expressas neste  
trabalho são da exclusiva  
responsabilidade do autor.

“Adoramos a perfeição, porque não a podemos ter; repugná-la-íamos se a tivéssemos. O perfeito é o desumano porque o humano é imperfeito.” (Fernando Pessoa)

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.” (Madre Teresa de Calcutá)

À memória dos meus pais, António e Rosa, em gratidão e admiração profunda, por tudo o que fizeram por mim em toda a sua vida.

À minha esposa, Ilda.

Aos meus filhos, Afonso e Carolina.

.

## Índice

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	ii
Abstract.....	iii
Lista de Abreviaturas.....	iv
Lista de Quadros .....	v
Lista de Figuras .....	vii
1. Introdução.....	1
1.1. O castanheiro .....	1
1.2. Importância económica da produção de castanha.....	3
1.3. Principais cultivares e distribuição geográfica em Portugal .....	6
1.4. Principais pragas do castanheiro .....	7
1.4.1 Bichado da castanha .....	8
1.4.2 Vespa das galhas do castanheiro .....	11
1.5. Meios de proteção .....	15
1.5.1 Luta biológica clássica.....	15
1.5.2 Luta química .....	20
1.5.3 Luta genética.....	20
1.5.4 Situação em Portugal.....	21
2. Material e Métodos.....	26
2.1. Localização das parcelas em estudo .....	26
2.2. Bioecologia de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> .....	26
2.2.1 Quantificação das populações de <i>D. kuriphilus</i> .....	26
2.2.2 Quantificação de parasitoides e taxa de parasitismo natural associado a <i>Dryocosmus kuriphilus</i> .....	28
2.2.3 Identificação de parasitoides nativos .....	28

2.2.4 Indicadores da estrutura das populações de parasitoides nativos associados a <i>D. kuriphilus</i> .....	29
2.2.5 Avaliação da eficácia de tratamentos de <i>Torymus sinensis</i> como meio de luta biológico.....	29
2.2.6 Quantificação de populações de <i>Torymus sinensis</i> e parasitismo efetivo .....	30
3. Resultados.....	31
3.1. Bioecologia de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> .....	31
3.1.1 Quantificação de parasitoides e taxa de parasitismo natural associado a <i>Dryocosmus kuriphilus</i> .....	35
3.1.2 Identificação e dinâmica populacional dos parasitoides nativos .....	36
3.1.3 Abundância e frequência específica de parasitoides nativos.....	40
3.1.4 Estabelecimento de populações de <i>Torymus sinensis</i> no Minho.....	43
4. Discussão e conclusões.....	45
4.1 Bioecologia de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> .....	45
4.2. Quantificação de parasitoides e taxa de parasitismo natural associado a <i>Dryocosmus kuriphilus</i> .....	45
4.3 Identificação e dinâmica populacional dos parasitoides nativos .....	46
4.4 Avaliação da presença do <i>Torymus sinensis</i> no Minho.....	47
Referências bibliográficas .....	48
Anexos.....	51

## **Agradecimentos**

No culminar deste Mestrado em Agricultura Biológica e concretamente deste trabalho, agora apresentado, julgo ser justo e necessário manifestar a minha enorme gratidão.

À Escola Superior Agrária pela oportunidade, pelos meios materiais e humanos disponibilizados e por ter proporcionado a minha evolução académica, pessoal e profissional, ao longo de muitos anos de estudo e partilha de experiências.

À Professora Luísa Moura, pela sua permanente disponibilidade, ensinamentos e paciência, como sempre assumiu o seu importante e fundamental papel de orientadora desta tese.

Ao Professor Raúl Rodrigues, pela orientação, ensinamentos e apoio na elaboração da tese.

Ao Professor Albino Bento, do Instituto Politécnico de Bragança, pela disponibilidade na formação de identificação de insetos parasitoides.

À Eng<sup>a</sup> Ana Santos, do Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos, pela excelente colaboração e apoio na identificação de insetos parasitoides.

Ao Eng<sup>o</sup> Mariano Freitas, técnico da Associação Florestal do Lima, pela ajuda e colaboração nas tarefas de campo.

Ao Eng<sup>o</sup> Virgílio Peixoto e restantes funcionários do laboratório da ESAPL, pela disponibilidade e colaboração.

Aos senhores produtores e proprietários dos soutos que constituíram as unidades produtivas deste estudo, concretamente; Augusto Costa, Diogo Novais, José Albino Cunha, Manuel Costa e Eng<sup>o</sup> João Paulo Antunes.

Aos Professores e colegas do Mestrado de Agricultura Biológica da ESAPL, agora concluído.

À minha família pelo apoio e carinho com que sempre me motivaram, muitas vezes privados da minha presença e companhia.

Trabalho realizado no âmbito do Projeto PDR2020-101-030960 - “*BioPest - Estratégias integradas de luta contra pragas-chave em espécies de frutos secos*”, promovido pelo Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos.



## Resumo

A vespa-das-galhas-do-castanheiro, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu nativa da China, foi detetada na Europa pela primeira vez em Itália, em 2002. Em Portugal foi declarada em 2014 tendo-se iniciado a introdução do parasitoide exótico *Torymus sinensis* Kamijo, através de largadas inoculativas, de acordo com o “Plano de Ação Nacional para Controlo do inseto *Dryocosmus kuriphilus* Vespa-das-galhas-do-castanheiro, estabelecido pela Direção Geral de Alimentação e Veterinária, em 2015.

Este trabalho de investigação foi realizado em 2018 e 2019 em 5 soutos, na região do Minho. Entre janeiro e março de 2018 de cada local, foram efetuadas 3 colheitas mensais de 100 gomos, para determinar o nível de incidência da praga. Entre abril e junho de 2018 foram colhidas quinzenalmente 240 galhas, com a finalidade de estudar a bioecologia de *D. kuriphilus*. Em cada colheita, 160 galhas foram colocadas em caixas para controlo da emergência de adultos e 80 galhas foram dissecadas à lupa binocular, para contagem e registo de evolução dos estados larvares de *D. kuriphilus* e dos parasitoides. Procedeu-se à identificação de *T. sinensis* e dos parasitoides nativos. Determinaram-se as taxas de parasitismo e os índices de diversidade de Simpson.

A percentagem de gomos infestados por *D. kuriphilus* foi elevada em todos os locais estudados, variando entre 67% e 80%, independentemente do número de largadas de *T. sinensis* efetuadas, e das cultivares de castanheiro presentes em cada pomar.

A taxa de parasitismo por *T. sinensis* mais elevada foi de 0,5044 % e registou-se no souto em que se realizaram duas largadas de *T. sinensis* em 2016 e 2017 (Arcos de Valdevez - Rio Cabrão- P1). Tendo em conta a realização de largadas já efetuadas com este parasitóide desde 2016 na região, foi confirmado o seu estabelecimento em todos os soutos estudados, embora com taxas de parasitismo muito baixas

O parasitismo natural associado a espécies de parasitoides nativas de *D. kuriphilus* foi confirmado neste trabalho, registando-se valores entre 34% e 51% das galhas de castanheiro parasitadas, tendo sido identificadas 11 espécies de parasitoides nativos: *Eupelmus azureos*, *Eupelmus uruzonus*, *Eurytoma brunniventris*, *Eurytoma pistaciae*, *Megastigmus dorsalis*, *Mesopolobus sp.*, *Ormyrus pomaceus*, *Sycophila biguttata*, *Sycophila iracemae*, *Sycophila variegata* e *Torymus flavipes*.

**Palavras-chave:** vespa-das-galhas-do-castanheiro, *Dryocosmus kuriphilus*, *Torymus sinensis*, parasitoides nativos, luta biológica.

## Abstract

The Asian chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu native to China, was first detected in Europe in Italy in 2002. In Portugal it was declared in 2014 and the introduction of the exotic parasitoid *Torymus sinensis* Kamijo, started through inoculative starts, according to the “National Action Plan for the Control of the insect *Dryocosmus kuriphilus*”, established by the General Directorate of Food and Veterinary Medicine, in 2015.

This research work was carried out in 2018 and 2019 in 5 chestnut groves in the Minho region. Between January and March 2018, at each location, 3 monthly harvests of 100 buds were carried out to determine the level of pest incidence. Between April and June 2018, 240 galls were harvested every two weeks, with the purpose of studying the bioecology of *D. kuriphilus*. In each collection, 160 galls were placed in boxes to control the emergence of adults and 80 galls were dissected with a binocular magnifying glass, to count and record the evolution of the larval stages of *D. kuriphilus* and of the parasitoids. The identification of *T. sinensis* and native parasitoids was carried out. The parasitism rates and Simpson diversity indices were determined.

The percentage of buds infested by *D. kuriphilus* was high in all studied places, varying between 67% and 80%, regardless of the number of *T. sinensis* releases made, and of the chestnut cultivars present in each orchard.

The highest rate of parasitism by *T. sinensis* was 0.5044% and it was recorded in the orchard where there were two releases of *T. sinensis* in 2016 and 2017 (Arcos de Valdevez - Rio Cabrão- P1). Considering that the parasitoid has already started in the region since 2016, its establishment in all studied arbors was confirmed, although with very low parasitism rates.

The natural parasitism associated with native parasitoid species of *D. kuriphilus* was confirmed in this work, recording values between 34% and 51% of the parasitized chestnut galls, with 11 species of native parasitoids having been identified: *Eupelmus azureos*, *Eupelmus uruzonus*, *Eurytoma brunniventris*, *Eurytoma pistaciae*, *Megastigmus dorsalis*, *Mesopolobus sp.*, *Ormyrus pomaceus*, *Sycophila biguttata*, *Sycophila iracemae*, *Sycophila variegata* and *Torymus flavipes*.

**Keywords:** asian chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus*, *Torymus sinensis*, native parasitoids, biological control.



## **Lista de Abreviaturas**

EPPO – Organização Europeia e Mediterrânea para a Proteção das Plantas

DGAV – Direção-Geral de Alimentação e Veterinária

DRAPC - Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro

DRAP-NORTE – Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte

ESAPL – Escola Superior Agrária de Ponte de Lima

ESA/IPB – Escola Superior Agrária / Instituto Politécnico de Bragança

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

GPP – Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral

INE – Instituto Nacional de Estatística

REFCAST – Associação Portuguesa da Castanha

## Lista de Quadros

Quadro 1.1 Classificação taxonómica do castanheiro europeu ( <i>Castanea sativa</i> Miller).....	2
Quadro 1.2 - Países com maior área de castanheiro (ha).....	4
Quadro 1.3 - Produção de castanha (t) relativa aos maiores produtores mundiais.....	4
Quadro 1.4- Área de castanheiro (ha), produção de castanha (t) e preço médio ao produtor (euros*kg-1), entre 2014 e 2018, em Portugal .....	5
Quadro 1.5 - Produção de castanha em Portugal por região (2014 a 2018) .....	5
Quadro 1.6 - Balança Comercial da fileira da castanha em Portugal .....	5
Quadro 1.7 - Número de largadas de <i>Torymus sinensis</i> em Portugal, por Região entre 2015 e 2020. ....	24
Quadro 2.1 - Identificação e caracterização dos soutos estudados (P1 a P5) em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de <i>Torymus sinensis</i> .....	26
Quadro 3.1 - Intensidade de ataque avaliado pela percentagem de gomos infestados e número médio de larvas de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> por gomo $\pm$ desvio padrão, nos soutos P1 a P5 de Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de <i>Torymus sinensis</i> , 2018.....	32
Quadro 3.2 - Resultados da dissecação das galhas de primavera colhidas em 2018 nos 5 soutos do Minho (P1 a P5) localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de <i>Torymus sinensis</i> .....	33
Quadro 3.3 - Valores absolutos e relativos de galhas de primavera parasitadas por <i>Torymus sinensis</i> e parasitoides autóctones em 5 soutos no Minho (P1 a P5) localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de <i>Torymus sinensis</i> (NT), 2018.....	35
Quadro 3.4 - Número total de câmaras, número de câmaras parasitadas e taxa de parasitismo em 5 soutos do Minho (P1 a P5) localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de <i>Torymus sinensis</i> , 2018 .....	36
Quadro 3.5 - Identificação de parasitoides nativos nos soutos localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de <i>Torymus sinensis</i> , 2018.....	37
Quadro 3.6 - Posição sistemática das espécies de parasitoides identificadas nos soutos localizados em Arcos de Valdevez e Ponte de Lima, 2018.....	37

Quadro 3.7 - Abundância e frequência relativa das espécies nativas de parasitoides identificadas em 2018 nos sotos localizados em Arcos de Valdevez e Ponte de Lima, com diferentes tratamentos de <i>Torymus sinensis</i> .....	41
Quadro 3.8 - Número de adultos de parasitoides nativos emergidos nos sotos localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL) em 2018.....	41
Quadro 3.9 - Índice de Diversidade Simpson calculada para os 5 sotos do Minho (P1 a P5), localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de <i>Torymus sinensis</i> , 2018.....	43

## Lista de Figuras

Figura 1.1 - Representação das espécies de castanheiros no Mundo (Cortizo <i>et al.</i> , 1999).....	1
Figura 1.2 - Áreas geográficas das Denominações de Origem Protegida de castanha.....	7
Figura 1.3 - Representação do ciclo de vida, <i>Cydia splendana</i> (Aguin-Pombo <i>et al.</i> , 2008) ..	8
Figura 1.5 - Ciclo de vida do <i>Dryocosmus kuriphilus</i> (adaptado de Colombari e Ipekal, 2016) .....	13
Figura 1.6- Estados evolucionais de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> .....	14
Figura 1.7 - Ciclo de vida de <i>Torymus sinensis</i> (adaptado de Ipekal <i>et al.</i> , 2016).....	16
Figura 1.8 - <i>Torymus sinensis</i> sobre galhas, em diferentes fases de desenvolvimento. ....	17
Figura 1.9 Galha de castanheiro com duas larvas de <i>Torymus sinensis</i> . Registo em 14/06/2020 num souto de Arcos de Valdevez. ....	17
Figura 1.10 - Larva de <i>Torymus sinensis</i> (a) e pupa de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> (b), em galha de castanheiro. Registo em 18/06/2018 num souto de Arcos de Valdevez.....	17
Figura 1.11 - <i>Torymus sinensis</i> (fêmeas), emergidos em 2/3/2019, em laboratório, a partir de galhas colhidas num souto de Arcos de Valdevez.....	18
Figura 1.12 - Evolução da infestação de rebentos de castanheiro com <i>Dryocosmus kuriphilus</i> , após largada de 260 fêmeas fecundadas de <i>Torymus sinensis</i> no Japão em 1982 (adaptado de Morya <i>et al.</i> , 2003) .....	18
Figura 1.13 - Distribuição do <i>Dryocosmus kuriphilus</i> em Portugal em 2017 (DGAV, 2017) .....	22
Figura 1.14 - Expansão do <i>Dryocosmus kuriphilus</i> no Norte de Portugal (DRAPN,2020) ...	22
Figura 1.15 - Histórico de largadas de <i>Torymus sinensis</i> , entre 2015 e 2019 no Norte de Portugal (DRAPN, 2020) .....	23
Figura 2.1 - Amostra de 240 galhas formadas na primavera (galhas novas colhidas em 2018). .....	27
Figura 3.1 - Larvas L1 (a e b) de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> no interior de gomos de castanheiro, 2018 (Imagens à lupa binocular) .....	31
Figura 3.2 - Número médio de câmaras de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> por galha (média $\pm$ desvio- padrão) nos soutos de Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de <i>Torymus sinensis</i> , 2018.....	32

Figura 3.3 - Evolução semanal da emergência de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> em 5 soutos no Minho (P1-P5) localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de <i>Torymus sinensis</i> , 2018.....	33
Figura 3.4 – Número total de adultos <i>Dryocosmus kuriphilus</i> , emergidos por souto em 2018. P1 a P5- nº de referência do Souto; AVV-Arcos de Valdevez; PTL-Ponte de Lima; T- tratamento de <i>Torymus sinensis</i> ; NT-não tratado com <i>Torymus sinensis</i> .....	34
Figura 3.5 - Estados de desenvolvimento de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> no Minho, 2018 .....	34
Figura 3.6 - Galha de primavera evidenciando pupa de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> parasitada por duas larvas de parasitoides. Imagem registada em 09/07/2018.....	35
Figura 3.7 - Galha de primavera dissecada: (a) 2 larvas de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> parasitadas; (b), larva de parasitoide; (c) pupa de parasitoide. Imagem registada em 22/04/2019.....	35
Figura 3.8 - Evolução semanal da emergência de parasitoides nativos de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> em 5 soutos do Minho (P1 a P5) localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de <i>Torymus sinensis</i> , 2018.....	36
Figura 3.9- Evolução mensal da emergência de parasitoides nativos de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> em 2018 no souto de Arcos de Valdevez, Rio Cabrão com dois tratamentos de <i>Torymus sinensis</i> (P1AVV-2T).....	38
Figura 3.10 - Evolução mensal da emergência de parasitoides nativos de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> em 2018 no souto de Arcos de Valdevez, Távora S. Maria, com dois tratamentos de <i>Torymus sinensis</i> (P2AVV-2T).....	38
Figura 3.11- Evolução mensal da emergência de parasitoides nativos de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> em 2018 no souto de Arcos de Valdevez, Rio de Moinhos com um tratamento de <i>Torymus sinensis</i> (P3AVV-1T).....	39
Figura 3.12- Evolução mensal da emergência de parasitoides nativos de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> em 2018 no souto de Arcos de Valdevez, S. Paio sem tratamento de <i>Torymus sinensis</i> (P4AVV-NT).....	39
Figura 3.13 - Evolução mensal da emergência de parasitoides nativos de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> em 2018 no souto de Ponte de Lima, Gondufe, com dois tratamentos de <i>Torymus sinensis</i> (P5PTL-2T).....	40
Figura 3.14 - Abundância relativa de parasitoides (géneros e espécies) identificadas em 2018 nos soutos localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de <i>Torymus sinensis</i> .....	42

Figura 3.15 - Taxa de parasitismo de *Torymus sinensis* e número de adultos emergidos entre fevereiro e março de 2019 nos 5 sotos do Minho (P1 a P5), localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*. .....44

Figura 3.16 - Imagens de *Torymus sinensis* emergidos na primavera de 2019 .....44

## 1. Introdução

### 1.1. O castanheiro

O castanheiro é uma árvore de folha caduca, pertencente ao Género *Castanea* e à família das Fagáceas. De acordo com (Cortizo *et al.*, 1999), o Género *Castanea* inclui 13 espécies, sete presentes na América do Norte, cinco na Ásia Oriental e uma na Europa, concretamente, o castanheiro europeu, *Castanea sativa*. Estas espécies apresentam portes variados, com alturas máximas entre os 6 e 30 metros (Figura 1.1).

O género *Castanea* terá surgido no continente asiático durante a Era Mesozóica (Patrício *et al.*, 2009), tendo, durante a Era Cenozóica, migrado para a América do Norte e para a Europa (Fineschi *et al.*, 2000), dando origem a diferentes espécies. São os gregos e romanos que desempenharam um papel importante na difusão do castanheiro, sendo estes últimos os maiores responsáveis pela cultura e distribuição atual do castanheiro europeu que aparece da Ásia Menor à Europa Meridional (Patrício *et al.*, 2009).

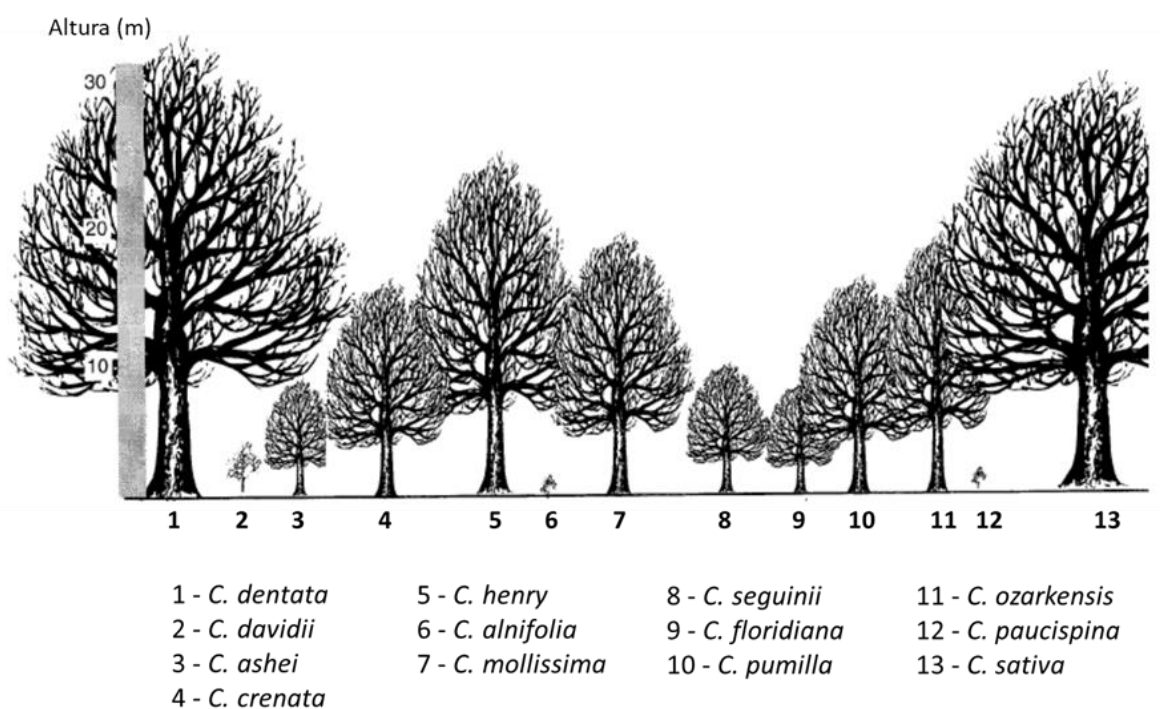


Figura 1.1 - Representação das espécies de castanheiros no Mundo (Cortizo *et al.*, 1999)

O castanheiro é uma espécie mesófila quanto à temperatura e à humidade, encontrando-se em climas temperados da região mediterrânea. O castanheiro europeu, *Castanea sativa* Miller, apresenta um conjunto de variedades (cultivares) com aptidão para produção de castanha e também para produção de madeira (Gomes-Laranjo *et al.*, 2007).

Quadro 1.1 Classificação taxonómica do castanheiro europeu (*Castanea sativa* Miller)

<b>Reino</b>	<b><i>Plantae</i></b>
Sub-Reino	<i>Embryophyta (Cornophyta)</i>
Divisão	
	Spermatophyta (Anthophyta)
Sub-Divisão	<i>Angiospermae (Magnoliophytina)</i>
Classe	<i>Dicotyledonae (Magnoliopsida)</i>
Sub-Classe	<i>Hamamelidae</i>
Ordem	<i>Fagales</i>
Família	<i>Fagaceae</i>
Sub-Família	<i>Castaneoideae</i>
Género	<i>Castanea</i>
<b>Espécie</b>	<b><i>Castanea sativa</i></b>

Em Portugal, o castanheiro europeu está representado em depósitos da idade miocénica (há cerca de 15 milhões de anos) nas proximidades de Canha existindo outros registos da presença antiga do castanheiro em Portugal, já da flora pliocénica, junto de Montijo e Alfeite, embora os vestígios mais abundantes sejam sobretudo do Quaternário (Abreu, 2007).

Durante muitos anos, a castanha assumiu um papel básico na dieta das famílias rurais, desempenhando uma importante função de subsistência, semelhante à que a batata tem hoje, e constituindo um recurso fundamental na economia das próprias regiões onde o castanheiro se adaptou (Fernandes, 1954 citado por Cardoso & Pereira, 2007). Consumida ao longo de muitos meses do ano (de outubro a junho/julho), quer em fresco (crua, cozida ou assada) ou mesmo reduzida a farinha, a castanha representava uma das principais fontes alimentares daquelas populações. Por outro lado, a madeira do castanheiro era valorizada e utilizada como material de construção, no fabrico de móveis e variadíssimos utensílios para a lavoura, cestaria e tanoaria, assim como lenha para aquecimento, de acordo com os mesmos autores. Até os porcos se alimentavam com castanha, porque se considerava que a melhor carne era a dos engordados com este fruto (Cardoso & Pereira, 2007).



As populações serranas organizavam a sua vida económico-social em torno da grande “árvore do pão” (Loreto e Patrício, s/data). Nas regiões mais montanhosas ou menos propícias à cultura cerealífera, o fabrico de pão de bolota, ou o consumo da castanha ou de lentilhas procuravam suprir a escassez de outros alimentos (Silva, 2007). Segundo o mesmo autor, a castanha foi utilizada na alimentação animal e humana desde tempos remotos, embora tenha sido a estrutura socioeconómica da Idade Média que a como alimento. Em épocas de crise económica e em maus anos agrícolas era frequentemente o único recurso crucial à sobrevivência da população, sobretudo nas zonas mais montanhosas e inacessíveis, substituindo os cereais e ocupando um lugar de destaque na alimentação humana antes da introdução do milho e, mais tarde, da batata. Posteriormente, a introdução de novas culturas, o aparecimento de doenças como a tinta e o cancro, que dizimaram muitos castanheiros o abate de árvores para aproveitamento da sua duradoura madeira, bem como a sua devastação pelos fogos, levaram ao declínio desta espécie.

Mais recentemente, fruto de programas de apoio à produção e à fixação de jovens agricultores, a cultura do castanheiro tem vindo a recuperar. O importante e reconhecido valor nutricional da castanha, o interesse manifestado pelos consumidores nos produtos regionais de qualidade (Denominações de Origem Protegida), o desenvolvimento de técnicas e soluções para o controlo de pragas doenças, a existência de híbridos com características de resistência e de produtividade interessantes e a importância que esta espécie tem no equilíbrio de ecossistemas agrícolas e florestais constituem os fatores de promoção da cultura do castanheiro, atraindo o investimento o interesse de muitos produtores (Silva, 2007).

## **1.2. Importância económica da produção de castanha**

Em 2019, segundo dados da FAO a área ocupada pelo castanheiro era de 595703 hectares. De acordo com os dados representados no Quadro 1.2, a China é o país com maior área ocupada pelo castanheiro, com aproximadamente 55% da área. Portugal tem vindo a aumentar a sua área de produção, e em 2019 era 4º país com maior área de castanheiro, muito próximo da Turquia (39080 ha).

Quadro 1.2 - Países com maior área de castanheiro (ha)

País	2005	2010	2015	2019
China	185000	295000	292289	330370
Bolívia	42000	42868	57694	59965
Turquia	37800	38400	40160	39080
Portugal	32042	34616	35595	38870
Espanha	5846	29000	35898	37120
Itália	24000	24572	21577	36280
Coreia do Sul	35000	36530	30764	32869
Japão	23800	21700	19800	17800
França	7139	7094	7793	8570
Grécia	8939	8703	8255	8410

Fonte: FAOSTAT - <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

No Quadro 1.3 apresentam-se os valores referentes à produção de castanha que, segundo a FAO, colocam Portugal como 7º maior produtor mundial, em 2019, atingindo as 35830 toneladas.

Quadro 1.3 - Produção de castanha (t) relativa aos maiores produtores mundiais

País	2005	2010	2015	2019
China	1031857	1644717	1668895	1849137
Espanha	8629	17900	16413	188930
Bolívia	57057	60213	84467	86280
Turquia	50000	59171	63750	72655
Coreia do Sul	76447	68630	55593	54708
Itália	52000	55240	51601	39980
Portugal	23491	22350	27628	35830
Grécia	19086	16993	30049	28980
Japão	21800	23500	16300	15700
Coreia do Norte	9000	10751	12100	12872

Fonte: FAOSTAT – <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Em Portugal, analisando dados do INE (Quadro 1.4), entre 2014 e 2018, a área de castanheiro tem vindo a aumentar, consequência dos apoios ao investimento proporcionados pelo Plano de Desenvolvimento Rural (PDR2020). A relação entre a área ocupada e a produção ao longo dos anos, permitem concluir que a produtividade se situa em valores ligeiramente inferior a 1 tonelada por hectare.

Quadro 1.4- Área de castanheiro (ha), produção de castanha (t) e preço médio ao produtor (euros\*kg<sup>-1</sup>), entre 2014 e 2018, em Portugal

Ano	2014	2015	2016	2017	2018
Área (ha)	35352	35595	35718	36759	38874
Produção (t)	18465	27628	26780	29875	34131
Preço produtor (€ kg <sup>-1</sup> )	2,12	1,50	1,85	2,09	2,78

Fonte: INE, estatísticas agrícolas (2014 a 2018).

No mesmo período (2014 – 2018) quando observamos o volume de produção de acordo com a região, claramente se constata ser a região Norte a que representa a maior produção de castanha. Em 2018 nesta região foram produzidas 29908 toneladas de castanha, representando cerca de 88% do total nacional, segundo dados do INE, de acordo com o quadro seguinte (Quadro 1.5).

Quadro 1.5 - Produção de castanha em Portugal por região (2014 a 2018)

Regiões	2014	2015	2016	2017	2018
Norte	15606	22844	22136	25652	29908
Centro	1993	2405	2819	2722	2756
Alentejo	545	2067	1562	1245	1245
Açores	206	192	154	146	112
Madeira	94	99	89	89	90

Fonte: INE, estatísticas agrícolas (2014 a 2018)

Em termos de balança comercial a fileira da castanha assume uma enorme importância. De acordo com os dados do INE, representados no Quadro 1.6, quando analisamos as importações e as exportações, verificamos um contributo positivo e expressivo desta fileira, dado que as exportações superam largamente as importações, tanto em volume como em valor da produção.

Quadro 1.6 - Balança Comercial da fileira da castanha em Portugal

Ano	Importações		Exportações	
	Quantidade (t)	Valor (mil euros)	Quantidade (t)	Valor (mil euros)
2014	3353	7765	19250	57038
2015	1292	3013	19793	50935
2016	1538	3367	20768	53411
2017	2563	6406	14651	44059

Fonte: INE, estatísticas agrícolas (2014 a 2018).

### **1.3. Principais cultivares e distribuição geográfica em Portugal**

Em Portugal, o castanheiro está muito presente na região de Trás-os-Montes e das Beiras, encontrando-se também em alguns núcleos menores no Nordeste Alentejano (Serras de S. Mamede e Marvão), Norte Algarvio (Serra de Monchique) e Minho Interior (Serra do Gerês), e ainda, de um modo disperso, em vários pontos a norte do Tejo. Está igualmente presente, embora em manchas isoladas, tanto na ilha da Madeira (Curral das Freiras e Serra de Água), como nos Açores (Cardoso & Pereira 2007).

Segundo Gomes-Laranjo, as condições ambientais favoráveis à frutificação limitam a dispersão dos povoamentos, acima do paralelo 40°N.

O castanheiro é uma espécie mesófila, quanto à temperatura e à humidade, encontrando-se sobretudo em climas temperados da região mediterrânea em médias altitudes. As zonas com altitudes superiores a 500 metros e com baixas temperaturas de Inverno são as que reúnem melhores condições para o seu desenvolvimento (Soares 2008).

O castanheiro, prefere as exposições norte (N, NE e NW), mas é considerado uma espécie sensível à geada, principalmente para produção de fruto, não devendo os soutos ultrapassar os 800 m de altitude (Monteiro & Patrício, 2007)

As condições edafo-climáticas que caracterizam as diversas zonas de produção, proporcionaram o desenvolvimento de um número elevado de variedades (cultivares). A variabilidade morfológica dos frutos foi tradicionalmente aproveitada por seleção artificial, dando origem a diversas variedades de castanha (Capelo & Catry, 2007).

No sentido de responder às exigências do mercado em produtos de elevada qualidade, procurando também promover a preservação do património genético nacional, foram criadas regiões demarcadas com Denominação de Origem Protegida para a valorização das variedades regionais de castanha: Castanha da Padrela, Castanha da Terra Fria, Castanha dos Soutos da Lapa e Castanha do Marvão, representadas na figura 1.3.1.

Na região do Minho a variedade Amarelal é a que melhor se adapta às condições edafo-climáticas, dentro das variedades nacionais. Também as variedades híbridas, Bouche de Betizac, Marigoule e Marsol têm sido introduzidas nos últimos anos, sendo mais precoces e atingindo maiores calibres, embora com um menor poder de conservação.

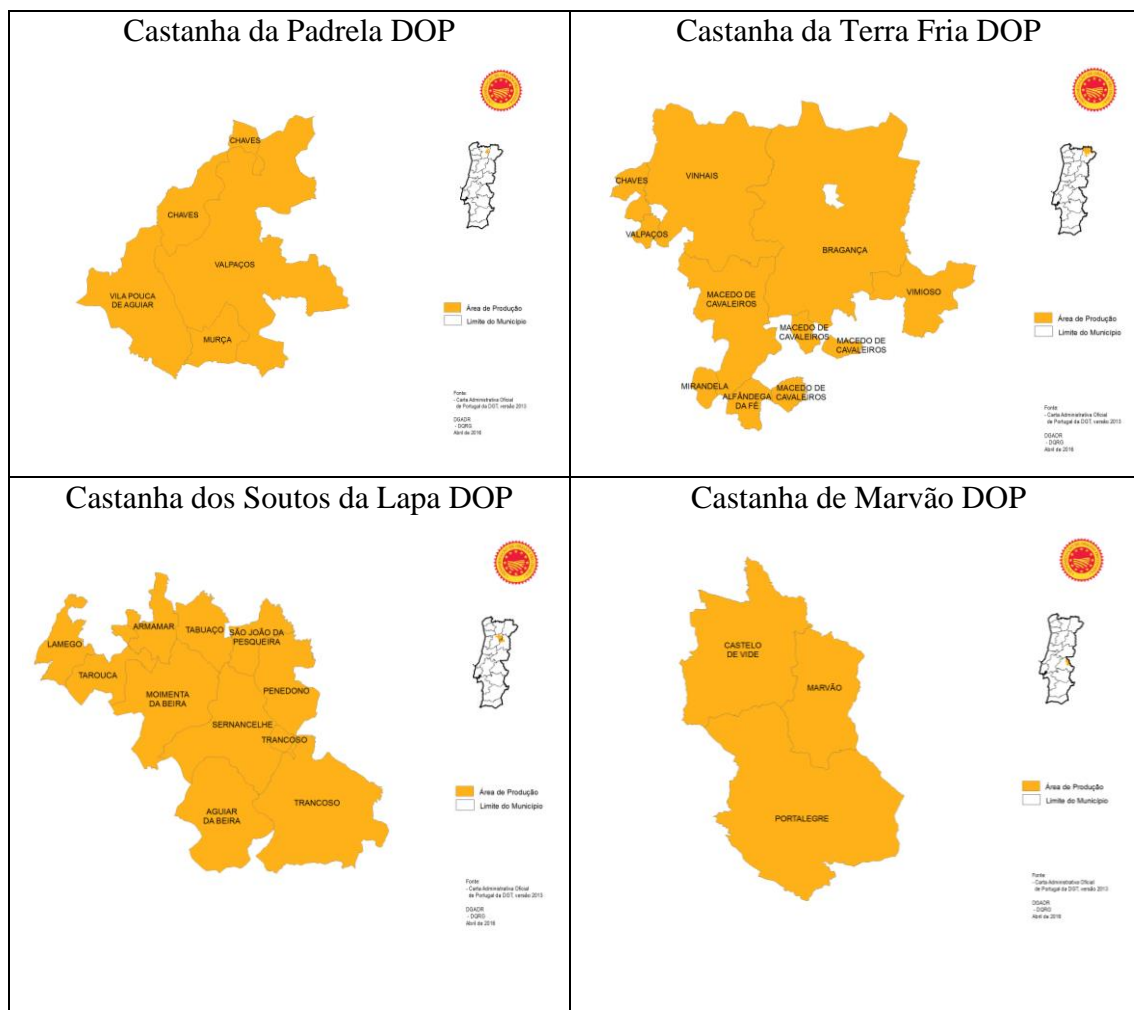


Figura 1.2 - Áreas geográficas das Denominações de Origem Protegida de castanha

(Fonte: <https://tradicional.dgadr.gov.pt/pt/produtos-por-regime-de-qualidade/dop-denominacao-de-origem-protegida>)

#### 1.4. Principais pragas do castanheiro

O castanheiro está sujeito ao ataque de várias pragas-chave como o bichado-da-castanha, *Cydia splendana* Hübner, a vespa-das-galhas-do-castanheiro, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, e o gorgulho, *Curculio elephas* Gyllenhal. Na região do Minho as duas primeiras assumem particular relevo, pelos elevados danos e prejuízos que acarretam para os produtores.

### 1.4.1 Bichado-da-castanha

O bichado-da-castanha, *Cydia splendana* Hubner (Lepidoptera: Tortricidae) é uma praga-chave do castanheiro, que apresenta uma única geração anual.

Durante o seu desenvolvimento, o bichado-da-castanha, passa por quatro fases: ovo, larva, pupa e borboleta ou inseto adulto. É uma espécie univoltina em que as fêmeas (borboletas) iniciam a postura quatro a cinco dias após a fecundação, colocando entre 150 e 300 ovos, isoladamente, junto às nervuras, tanto na página superior como na inferior das folhas, (Soares, 2008).

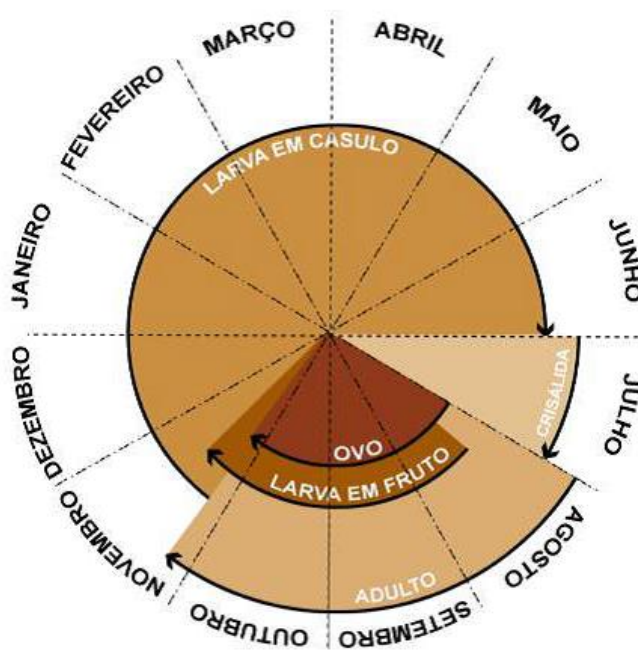


Figura 1.3 - Representação do ciclo de vida, *Cydia splendana* (Aguin-Pombo *et al.*, 2008)

Os ovos são depositados nas folhas próximas aos frutos ou, excepcionalmente, na base destes. As lagartas jovens (neonatas) entram imediatamente nos ouriços e escavam uma galeria até penetrar no interior do fruto, onde se alimentam e desenvolvem.

A lagarta desenvolve-se no interior da castanha, durante aproximadamente 3 semanas. Entre os meses de setembro e novembro, as lagartas abandonam os frutos e enterram-se no solo, onde permanecem no interior de um casulo para passar o Inverno. Posteriormente, entre maio e junho, as lagartas passam à fase de crisálida. O adulto (traça) emerge a partir de julho (Aguin-Pombo *et al.*, 2008).

O bichado-da-castanha encontra-se presente, anualmente, com elevada expressão nos soutos portugueses (Soares, 2008).



Ovo de *Cydia splendana*, na página superior da folha, junto à nervura central.

Oval e achatado, com dimensões de 0.72 x 0.55 mm, inicialmente branco, mas, ao fim de alguns dias, com um anel vermelho-púrpura no centro.

Lagarta de *C. splendana* do 5º instar.

Passa por cinco instares, atingindo no último, 12 a 16 mm de comprimento e cabeça acastanhada. O corpo branco translúcido nos primeiros instares, torna-se amarelo opaco à medida que se vão desenvolvendo.

Adulto de *C. splendana*

De 13 a 22 mm de comprimento, a coloração das asas anteriores nos adultos é variável, podendo apresentar tons pardo-acinzentados ou cinzento-acastanhados, com a zona basal bem diferenciada.

Figura 1.4 - Estados de desenvolvimento da *Cydia splendana*; ovo, lagarta e adulto (da esquerda para a direita).

A presença de *C. splendana* nos soutos é facilmente detetável, mesmo numa fase precoce, nomeadamente através da cor acastanhada dos ouriços e da queda prematura dos frutos atacados. Posteriormente, aquando da recolha e comercialização dos frutos, os seus danos são bem visíveis através dos excrementos que as larvas deixam no interior do fruto e da presença de um orifício de saída, em forma oval, de 1,5 mm de diâmetro, localizado no exterior das castanhas (Aguin-Pombo *et al.*, 2008).

O bichado-da-castanha é difícil de controlar porque durante a maior parte do seu ciclo biológico as larvas estão protegidas, ou no interior da castanha, ou enterradas no solo. A fase adulta, por ser a mais exposta e de grande duração, é a mais adequada para realizar ações de controlo (Aguin-Pombo *et al.*, 2008).

A identificação dos períodos de risco desta praga deverá ser feita através da captura de adultos em armadilhas com feromonas sexuais, e a partir da observação visual da população capturada. A instalação das armadilhas no souto deverá ser efetuada durante a segunda quinzena de junho, de modo a proceder à captura dos primeiros adultos. Devem ser colocadas em altura, no interior das copas, distando entre si de pelo menos 50 metros e observadas semanalmente (Soares, 2008).

Concluindo esta importante praga é capaz de provocar avultados prejuízos, pela redução da quantidade e qualidade dos frutos produzidos, diminuindo o seu valor comercial.

As feromonas sexuais são substâncias químicas produzidas pelas fêmeas para atrair os machos. A identificação dos períodos de risco desta praga deverá ser feita através da captura de adultos em armadilhas sexuais e da observação visual do ataque. A instalação das armadilhas no souto deverá ser efetuada durante a segunda quinzena de junho, de modo a proceder à captura dos primeiros adultos. Devem ser colocadas em altura, no interior das copas, distando entre si de pelo menos 50 metros e observadas semanalmente (Soares, 2008).

Os resultados da monitorização permitem ao agricultor tomar decisões sobre a aplicação de medidas de controlo, caso o número de indivíduos seja muito elevado. Embora exista a possibilidade de controlo pelo uso de inseticidas, não existem produtos fitofarmacêuticos homologados para o efeito. A prática da luta biotécnica designada de confusão sexual, consiste na distribuição de difusores no sentido de aumentar a concentração da feromona no meio, até níveis capazes de confundirem os machos impedindo-os de localizar as fêmeas e acasalarem. Funciona melhor em áreas grandes (> 3 ha), com baixas densidades de insetos, cultivos homogêneos e árvores de reduzido porte. Por hectare, o número de difusores varia entre 300 e 1000 e podem ser feitas uma ou em duas aplicações (Aguin-Pombo et al., 2008).

Os fatores culturais assumem grande importância, constituindo um verdadeiro meio de proteção, quando se trata do tipo de manutenção do solo, visto que a praga passa o seu estado de lagarta enterrada no solo. As mobilizações do solo expõem as lagartas e pupas aos rigores do clima, e permitem destruir lagartas hibernantes, baixando as populações. Estudos de Soares (2008) permitiram verificar que soutos mobilizados são menos atacados por *C. splendana* do que soutos não mobilizados.

A limitação natural do bichado-da-castanha pela ação de parasitoides himenópteros; calcidóideos e icneumonóideos e dípteros, e taquinóideos são outro meio de proteção descrito por Soares (2008).



Concluindo, esta importante praga é capaz de provocar avultados prejuízos, pela redução da quantidade e qualidade dos frutos produzidos, diminuindo o seu valor comercial.

## **1.4.2 Vespa-das-galhas-do-castanheiro**

### **1.4.2.1 Origem e dispersão**

A vespa-das-galhas-do-castanheiro, *Drycosmus kuriphilus* Yasumatsu, pertence à classe Insecta, ordem Hymenoptera, família Cynipidae, Sub-família Cynipinae, tribo Cynipini. e foi recentemente introduzida em Portugal (2014), tornando-se numa das mais importantes pragas que atacam os castanheiros, podendo levar à redução drástica da produção de castanha e, consequentemente, provocar avultadas perdas económicas.

Originária da China, induz a formação de galhas de cor verde ou avermelha com cerca 5-20 mm de diâmetro nos rebentos novos, nos pecíolos e nas folhas do castanheiro (*Castanea* spp.) (EPPO, 2005). É considerada uma das pragas mais graves do género *Castanea* em todo o mundo, pois as galhas permitem o desenvolvimento de *D. kuriphilus* no interior de câmaras individuais, interrompem o crescimento dos novos ramos e reduzem a frutificação, diminuindo significativamente a produção de frutos de castanheiro (*Castanea sativa* Mill) em 50% - 80% (EPPO, 2005, Battisti *et al.* 2014).

Ao longo das últimas décadas esta praga foi identificada em muitos países de diversos continentes (Figura 1.5). Em 1975 foi relatada a sua presença no Japão e em 1958 foi observada na Coreia. No continente americano, foi confirmada a sua presença em 1974, em castanheiros importados da China. A vespa-das-galhas foi introduzida acidentalmente no continente europeu via noroeste de Itália em 2002, e igualmente através de material vegetal infestado proveniente da China (Brussino *et al.* 2002), tendo-se expandido rapidamente por inúmeros países da Europa ocidental (Quachia *et al.*, 2008). Em 2005, foi identificada na França e na Eslovénia, em 2009 na Suíça e Hungria (Aebi *et al.*2006). Em Portugal foi identificado pela primeira vez em 2014, na região do Minho (DGAV, 2017).

Esta rápida expansão pelo continente europeu sugere múltiplas introduções feitas pelo homem, uma vez que excede amplamente as taxas de dispersão estimadas para este inseto, que se estima em cerca de 8 km/ano (Bonal *et al.*, 2018).

Desde o ano 2003, *D. kuriphilus* faz parte da lista A2 da EPPO a qual reúne todos os organismos de quarentena e sobre as quais todos os países aplicam regulamentação específica para a sua monitorização e controlo (EPPO, 2005).

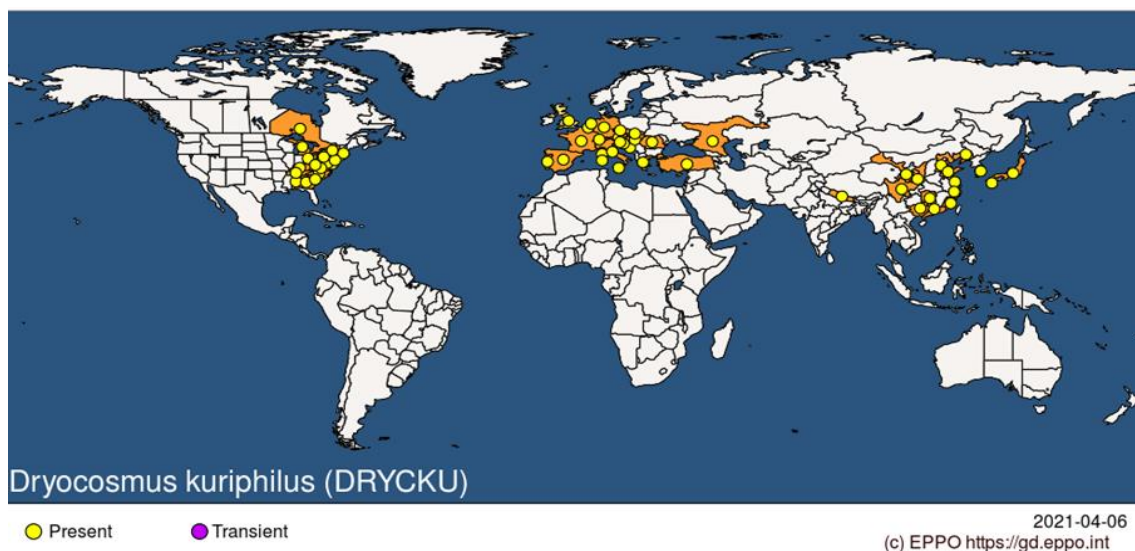


Figura 1.5 - Distribuição de *Dryocosmus kuriphilus* no mundo (EPPO,2021)

#### 1.4.2.2 Biologia e ciclo de vida

*D. kuriphilus* é uma espécie univoltina, reproduzindo-se por partenogénese, nunca tendo sido observados machos desta espécie. Após a emergência escalonada, no fim da primavera e início do verão, as fêmeas adultas iniciam a postura entre junho e julho (Figura 1.6) normalmente em grupos de 3-5 ovos, e exclusivamente dentro dos gomos já formados nos novos rebentos do castanheiro (Figura 1.7 a). Cada fêmea produz até 100 ovos, podendo existir até 20-30 ovos no interior de cada gomo. O período de vida na fase adulta é curto, durando cerca de 10 dias. Os ovos eclodem em 30-40 dias (EPPO, 2005).

Os ovos são ovais, de cor branca/leitosa medindo 0,1–0,2 mm de comprimento (Figura 1.7b), e apresentam uma haste longa (bastão). As larvas do primeiro instar (Figura 1.7c) hibernam nos gomos de castanheiro. Na primavera, quando os gomos iniciam o seu alongamento e posterior abrolhamento, as larvas induzem a formação das galhas com diâmetro entre 5 e 20 mm, de coloração verde, evoluindo depois para cor rosa-avermelhada, no interior das quais se alimentam durante 20 a 30 dias, até atingirem a fase de pupa (Figura 1.7 e, f, g). As larvas (Figura 1.7 c, d) são ápodas, apresentam cor branca leitosa e são desprovidas de olhos, medindo na sua última fase de desenvolvimento (L3), cerca de 2,5 mm de comprimento (EPPO, 2005).

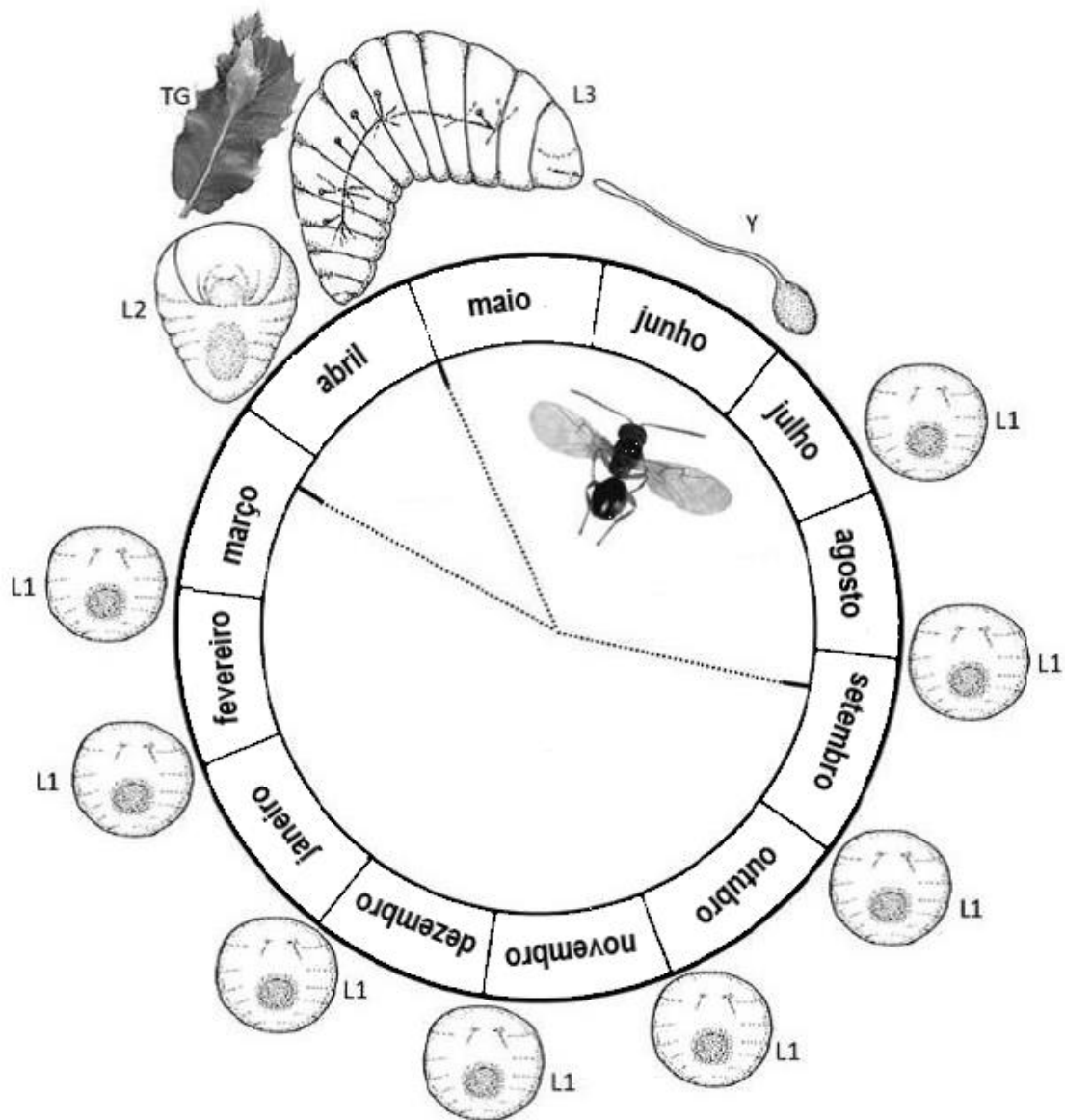


Figura 1.4 - Ciclo de vida de *Dryocosmus kuriphilus* (adaptado de Colombari e Ipekal, 2016)

Dependendo da região (altitude, exposição) e da cultivar de castanheiro, a pupação (fase de crisálida) ocorre de meados de maio até meados de julho e dura cerca de 15 dias. As crisálidas passam por 3 estádios de desenvolvimento, variando a sua coloração do branco leitoso (P1), até ao preto (P3) (Figura 1.7).

Segundo Perez *et al* (2015), o período entre o início da formação das galhas e a emergência dos adultos tem a duração de 30 a 70 dias. Os adultos (Figura 1.7 e, f) são de cor negra, mas as extremidades dos seus membros são amareladas. De acordo com os mesmos autores, estes medem entre 2,5 e 3 mm e apresentam antenas com 14 artículos.



Figura 1.5- Estados evolucionais de *Dryocosmus kuriphilus*

a - adulto em postura; b - ovos em gomo do ano; c - larva L1; d - larvas L2; e- larva L3; f - pupas P1 (brancas) e P2 cinzenta; g - pupas (P3); h - adultos; i- adulto em gomo (fotos do autor).

## 1.5. Meios de proteção

### 1.5.1 Luta biológica clássica

A luta biológica clássica consiste na introdução de auxiliares exóticos, após a introdução de uma praga também ela exótica, numa dada região. O parasitoide exótico *Torymus sinensis* Kamijo, foi usado com sucesso em vários países, sendo considerado como único e efetivo agente de luta biológica para o controlo de populações de *Dryocosmus kuriphilus* (Matosevic *et al.* 2014).

*Torymus sinensis* pertence à classe Insecta, ordem Hymenoptera, família Torymidae, reproduz-se essencialmente de forma sexuada, mas pode também reproduzir-se por partenogénese arrenótica (ovos não fertilizados dão origem a indivíduos machos e ovos fertilizados originam fêmeas). É uma espécie univoltina como o seu hospedeiro (Quacchia *et al.* 2014). Contrariamente a *D. kuriphilus*, os adultos emergem na primavera a partir das galhas parasitadas do ano anterior, e precisa de acasalar antes da oviposição. Trata-se de um parasitoide generalista de cinipídeos na China, mas atua como especialista na presença abundante de galhas de *D. kuriphilus* (Cooper e Rieske, 2011), apresenta um ciclo de vida (Figura 1.8) sincronizado com o ciclo de vida de *D. kuriphilus*.

As fêmeas de *T. sinensis* (Figura 1.9) efetuam a postura no interior de galhas recém-formadas (no corpo da larva hospedeira ou na parede da câmara larvar. Normalmente, é posto um ovo por hospedeiro, mas em condições naturais, foram observados vários ovos por larva numa única câmara. No entanto, apenas uma larva do parasitoide (Figuras 1.10 e 1.11) completa o seu desenvolvimento devido ao canibalismo entre as larvas de *T. sinensis*. Após a eclosão, a larva de *T. sinensis* alimenta-se da larva do hospedeiro até à pupação e permanece na galha durante o inverno (Quacchia *et al.* 2007).

Os adultos (Figura 1.12) emergem na primavera do ano seguinte (início de abril) a partir das galhas secas, em sincronismo com o abrolhamento dos castanheiros e o início da formação de novas galhas. As fêmeas de *T. sinensis* são capazes de parasitar larvas de *D. kuriphilus* nas galhas em desenvolvimento (Figura 1.12), por um período de várias semanas (Quacchia *et al.* 2007, EFSA, 2010; Cooper e Rieske 2011, Ferracini *et al.* 2015).

Uma particularidade interessante sobre a dinâmica populacional e reprodutiva do *T. sinensis* está na sua capacidade de desenvolver uma diapausa prolongada, em que uma pequena percentagem de indivíduos (<5%) permanecem dormentes por um ano. Esta estratégia, é pouco comum e raramente observada em parasitoides de galhas de carvalho, presumivelmente

porque a maioria deles é polífaga e tem uma vasta gama de espécies hospedeiras, que torna a oviposição um esforço de baixo risco e alto sucesso (Stone *et al.*, 2002).

A diapausa prolongada na fase larvar do *T. sinensis* parece estar diretamente relacionada com a especificidade pelo hospedeiro (*D. kuriphilus*), criando um refúgio populacional de uma geração e permitindo a sobrevivência da espécie. Assim, se a disponibilidade de galhas de *D. kuriphilus* diminuir drasticamente num ano e dificultar o sucesso de oviposição de uma geração inteira, uma pequena coorte de indivíduos com diapausa, garantirá a manutenção do *T. sinensis* nesse ecossistema no ano seguinte. Como as populações de *D. kuriphilus* oscilam nos seus habitats naturais na China continental (e em menor grau também no Japão), principalmente devido aos seus inimigos naturais, é comum observar infestações graves durante 2 a 3 anos, seguido por um período até 10 anos de pequenas populações com infestação leve. Esta flutuação cíclica e o número limitado de hospedeiros são provavelmente os principais fatores para o desenvolvimento de diapausa prolongada no *T. sinensis* (Quacchia *et al.*, 2014). Segundo os mesmos autores, o reconhecimento da diapausa prolongada de *T. sinensis* é importante para a sua utilização como agente de controlo biológico e fundamenta a recomendação de adiar por dois anos a remoção e destruição de ramos cortados, rebentos e folhas caídas no inverno, permitindo que indivíduos parasitoides com diapausa prolongada possam completar seu desenvolvimento.

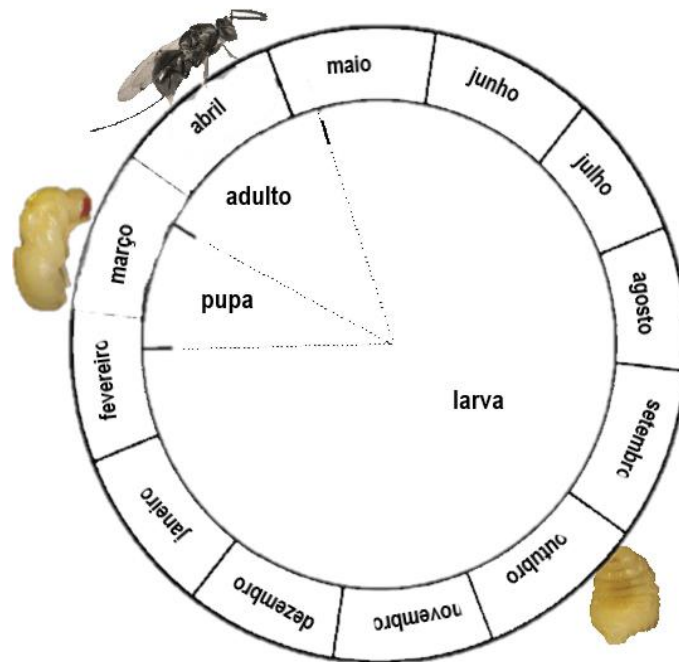


Figura 1.6 - Ciclo de vida de *Torymus sinensis* (adaptado de Ipekal *et al.*, 2016)



Figura 1.7 - *Torymus sinensis* sobre galhas, em diferentes fases de desenvolvimento.

PIAVV-2T, 12/4/2019 (fotos do autor)



Figura 1.8 Galha de castanheiro com duas larvas de *Torymus sinensis*. Registo em 14/06/2020 num souto de Arcos de Valdevez (fotos do autor).

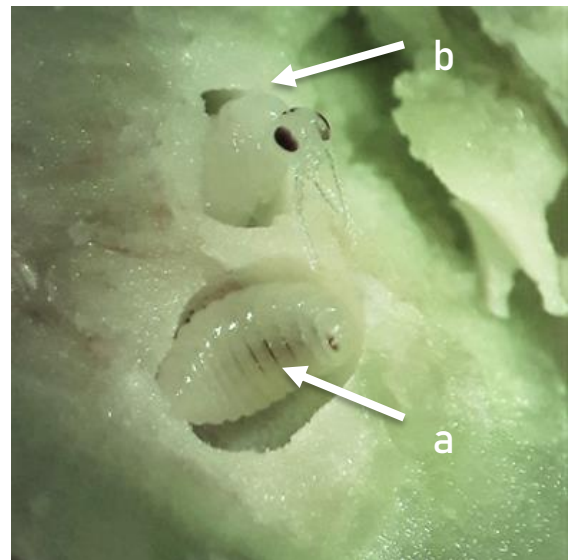


Figura 1.9 - Larva de *Torymus sinensis* (a) e pupa de *Dryocosmus kuriphilus* (b), em galha de castanheiro. Registo em 18/06/2018 num souto de Arcos de Valdevez (fotos do autor).



Figura 1.10 - *Torymus sinensis* (fêmeas), emergidos em 2/3/2019, em laboratório, a partir de galhas colhidas num souto de Arcos de Valdevez (fotos do autor)

Trabalhos de Morya *et al.* (2003) realizados numa localidade de Ibaraki, próximo de Tóquio, mostraram que um ano após a largada de 260 fêmeas fecundadas, em 11 castanheiros selvagens japoneses (*Castanea crenata*), registou-se a emergência de 502 fêmeas de *T. sinensis*, a partir de 16027 galhas de castanheiro (Figura 1.13). Passados 7 anos (1989), o número de fêmeas de *T. sinensis* por 100 galhas aumentou cerca de 25 vezes relativamente ao ano de 1983. *T. sinensis* tornou-se dominante entre os parasitoides de *D. kuriphilus* desde 1989, comprovando assim o sucesso do seu estabelecimento no novo ecossistema.

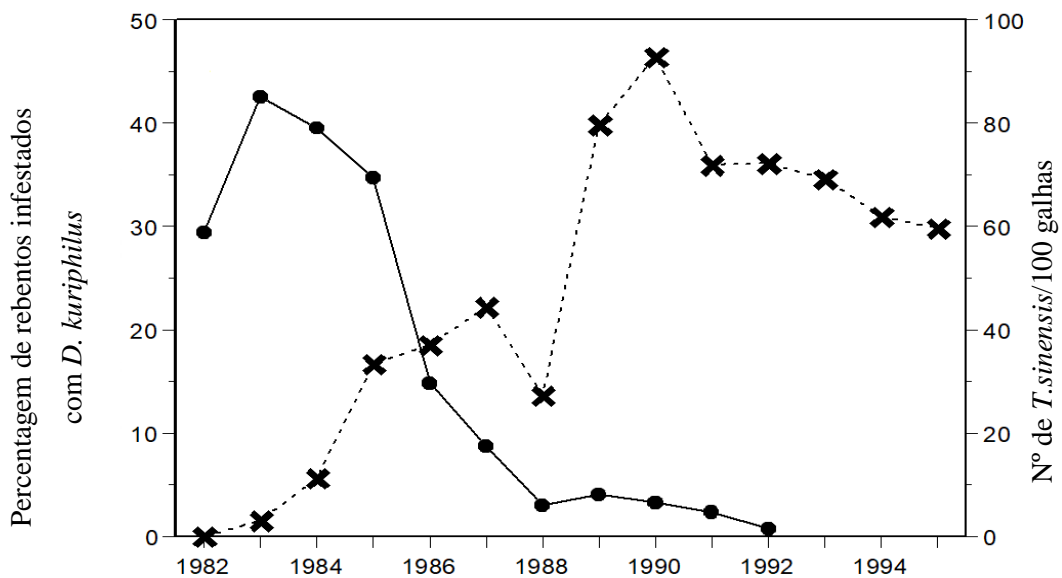


Figura 1.11 - Evolução da infestação de rebentos de castanheiro com *Dryocosmus kuriphilus*, após largada de 260 fêmeas fecundadas de *Torymus sinensis* no Japão em 1982 (adaptado de Morya *et al.*, 2003)



Embora a luta biológica clássica seja considerada como o método mais eficaz na proteção contra *D. kuriphilus*, vários estudos já realizados e em curso, procuram avaliar os riscos ambientais da introdução de *T. sinensis*. As condições sob as quais o parasitoide *T. sinensis* poderia ter como alvo hospedeiros (endêmicos) alternativos, e a probabilidade de desenvolver cruzamentos (hibridização) com outras espécies nativas de *Torymus* sp, constituem as questões centrais para um programa bem sucedido de luta biológica clássica (Aebi *et al.* 2007, Gibbs *et al.* 2011). A hibridização entre o parasitoide nativo *Torymus beneficus* e *Torymus sinensis* foi claramente demonstrada no Japão por Aebi *et al.* (2007) e Yara (2014) No entanto, os autores referem que o impacto biológico ainda é difícil de prever.

Não obstante a importante ação que este agente de luta biológica assume, em muitos estudos realizados são descritas diversas espécies nativas de parasitoides de cinípídeos que também induzem a formação de galhas em carvalhos (*Quercus* sp.), e que também foram identificadas como parasitoides de *D. kuriphilus*, como é referido para Portugal por vários autores (Preza *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2017; 2018; Moura *et al.*, 2019).

Na Coreia, foram identificadas 15 espécies de calcidídeos que parasitam *D. kuriphilus* (Aebi *et al.*, 2006) e em Itália, foram identificadas 16 espécies de parasitoides nativos pertencentes a seis famílias (Eurytomidae, Pteromalidae, Torymidae, Eupelmidae, Eulophidae e Ormyridae) (Aebi *et al.*, 2006). Também em Espanha, Gil-Tapetado *et al.* (2020) descrevem uma comunidade de 22 espécies de sete famílias de calcidídeos parasitoides de *D. kuriphilus*. A espécie *Ormyrus labotus* Walker, foi identificada em trabalhos de Cooper e Riesk (2011), como um parasitóide de *D. kuriphilus*.

Embora os cinípídeos parasitoides dos carvalhos tenham potencial para serem utilizados em programas de luta biológica, a falta de sincronismo entre a emergência de parasitoides nativos e *D. kuriphilus* resulta em baixas taxas de parasitismo (entre 0,5 e 1,6%) em comparação com as taxas de parasitismo de *T. sinensis*, com ciclo de vida bem sincronizado com o de *D. kuriphilus* (Aebi *et al.*, 2007). Para além do conhecimento existente, são necessários mais estudos no sentido de melhor se compreenderem as interações entre *D. kuriphilus*, *T. sinensis* e parasitoides nativos.

Várias espécies foram identificadas como competidoras ou hiperparasitoides facultativos (parasitoide agindo como parasitoide primário ou secundário). Por exemplo, *Eurytoma brunniventris* Ratzeburg é conhecido por ser polífago e por se alimentar de tecidos da própria galha, e *Eupelmus urozonus* Dalman pode ser um hiperparasitoide facultativo (Quacchia *et al.*, 2013, Francati *et al.* 2015). Ambos foram observados como tendo um papel importante no

atraso do desenvolvimento populacional de *T. sinensis* introduzido em algumas áreas do Japão (Murakami *et al.*, 1995). Nos EUA foi referenciado que a espécie *Ormyrus labotus* Walker, parasitoide nativo de cinipídeos indutores de galhas nos carvalhos, se comporta como um hiperparasitoide de *T. sinensis* (Cooper e Riesk, 2011).

### **1.5.2 Luta química**

Para além da luta biológica, outras formas de proteção contra a vespa-das-galhas-do-castanheiro têm vindo a ser equacionadas. O uso de produtos químicos contra os estágios imaturos desta praga tem-se demonstrado ineficiente devido à natureza enigmática do inseto que vive em gomos dormentes durante a maior parte de sua vida, estando protegida dentro dos tecidos da planta (Moriya *et al.* 1989, Cooper e Rieske 2007).

A eficácia da luta química contra as populações de adultos depende da deteção da emergência de adultos para um tratamento no momento oportuno. Além disso, a eficiência deste método é reduzida pela dificuldade de cobrir toda a copa da árvore ao usar meios de aplicação terrestre (Bernardo *et al.* 2013). Além disso, os tratamentos químicos são muitas vezes impraticáveis devido à distribuição natural dos castanheiros em terrenos íngremes (Germinara *et al.* 2011), além de poderem eliminar populações de parasitoides, muito importantes para o controlo da praga.

### **1.5.3 Luta genética**

O desenvolvimento de cultivares de castanheiros resistentes de *Castanea crenata* teve sucesso durante aproximadamente 20 anos no Japão, mas a resistência das plantas foi superada por um novo biótipo mais virulento de *D. kuriphilus* no início dos anos 1970 (Murakami, 1981). Também um clone do híbrido euro-japonês (*C. sativa* x *C. crenata*) denominado Bouche de Bétizac foi identificado como totalmente resistente a *D. kuriphilus*. Dini *et al.* (2012) sugerem que o híbrido evita a infestação por meio de uma reação de hipersensibilidade que mata o inseto no primeiro instar larvar.

Embora o desenvolvimento de variedades resistentes seja considerado uma opção de gestão e controlo de *D. kuriphilus*, são identificadas diversas limitações à sua implementação. Por um lado, só beneficia novas plantações e não as já existentes, e por outro existe o risco de seleção de biótipos de *D. kuriphilus* que superam a resistência das plantas e o nível de resistência das

variedades híbridas ainda é pouco conhecido. Por fim, a seleção para resistência é um processo lento, o que impede o seu desenvolvimento a curto prazo (EFSA, 2010).

#### **1.5.4 Situação em Portugal**

A fileira da castanha em Portugal, assume elevada importância social e económica, sendo o nosso país o sétimo maior produtor mundial deste fruto. A mais recente ameaça à produção e aos povoamentos de castanheiro desde 2014, é a vespa-das-galhas-do-castanheiro. Este novo agente biológico exótico e invasor, assumiu um estatuto de praga chave, pela sua rápida dispersão e pelos elevados prejuízos que tem provocado na produção de castanha.

A vespa-das-galhas-do-castanheiro foi referenciada pela primeira vez em Portugal em 2014, na região de Entre-Douro-e-Minho. Os primeiros focos da praga foram detetados no concelho de Barcelos em junho de 2014 e no final desse ano o inseto já tinha sido assinalado em 75 freguesias da região. Em agosto de 2014 foram confirmados os primeiros focos na ilha da Madeira. Apesar das medidas tomadas, a situação agravou-se em 2015, tendo a praga sido detetada em Trás-os-Montes, nomeadamente nas três principais zonas produtoras de castanha (Terra Fria, Padrela e Soutos da Lapa), bem como na região Centro, nos concelhos de Trancoso, Aguiar da Beira, Anadia e Fundão (DGAV, 2017).

A evolução da distribuição da praga em Portugal é apresentada na Figura 1.14 e em maior detalhe na região Norte (Figura 1.15).

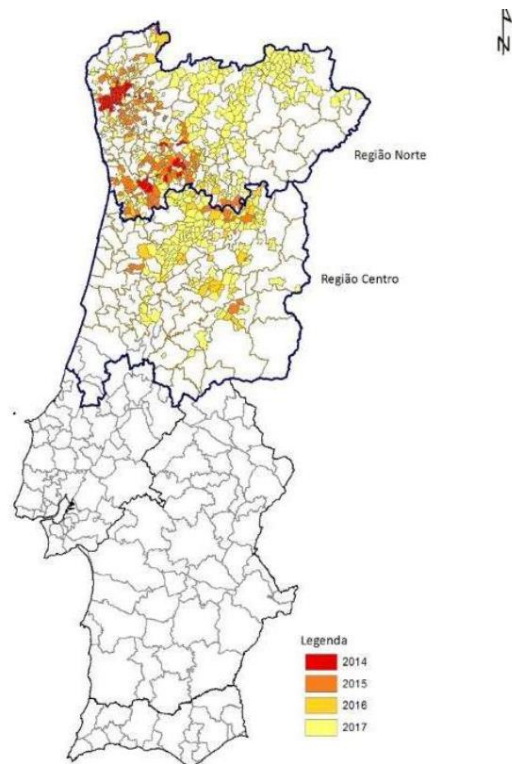


Figura 1.12 - Distribuição do *Dryocosmus kuriphilus* em Portugal em 2017 (DGAV, 2017)

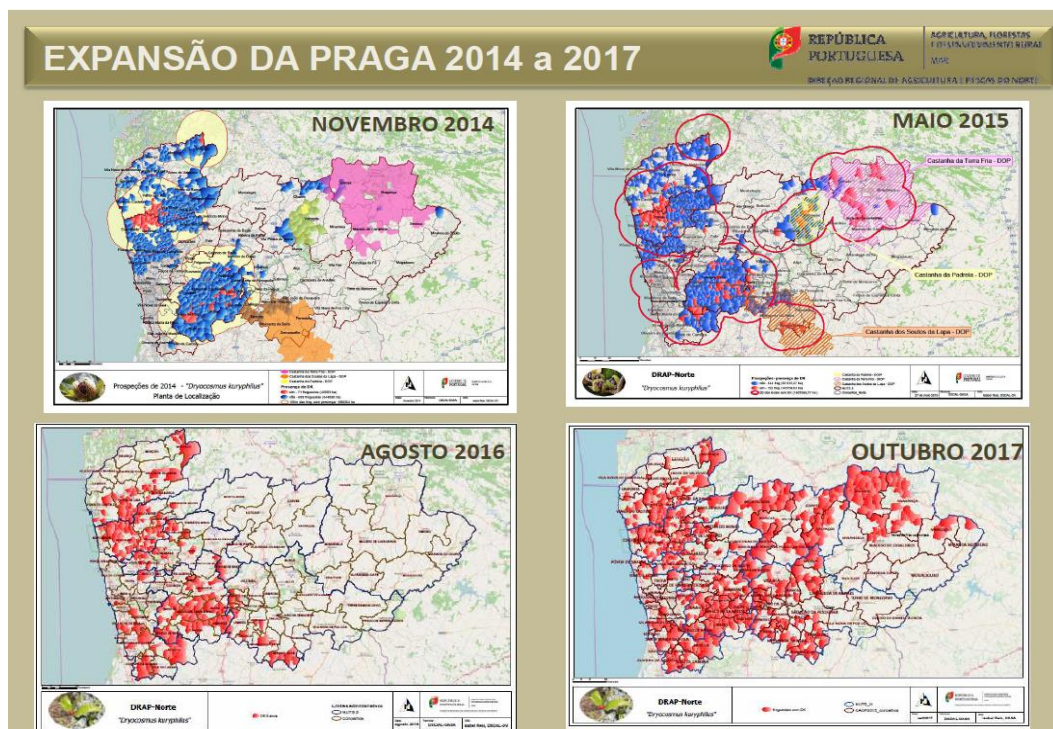


Figura 1.13 - Expansão do *Dryocosmus kuriphilus* no Norte de Portugal (DRAPN,2020)

No sentido de desenvolver ações que permitam um maior conhecimento desta nova praga, de sensibilização, formação e informação de produtores e técnicos, assim como conhecer a distribuição da praga, em meados de 2017 foi constituída a Comissão de Acompanhamento, Prevenção e Combate à Vespa-das-galhas-do-castanheiro (CVGC), criada pelo Despacho n.º 5696/2017, de 29 de junho de 2017, que tem como principais objetivos: assegurar a monitorização e controlo do inseto nas áreas infestadas do território nacional, promover a realização de estudos sobre a bioecologia de *D. kuriphilus*, do parasitoide *T. sinensis* e de parasitoides autóctones, estudar novos meios de luta adequados para o controlo da praga, estudar a sensibilidade das cultivares regionais de castanheiro a *D. kuriphilus* e para adotar medidas para minimizar a dispersão da praga para áreas de castanheiro isentas.

Uma primeira abordagem no sentido de minimizar o impacto da vespa-da-galhas-do-castanheiro em território nacional foi a luta biológica clássica, que tem vindo a ser implementada em Portugal desde 2015 através de largadas do parasitoide exótico *T. sinensis* nas localidades onde se confirmou a presença da praga em níveis elevados, condição considerada necessária para a adaptação e estabelecimento do parasitoide. Até ao final de 2020, de acordo com dados disponibilizados pela REFAST, foram já realizadas 1383 largadas na região Norte de Portugal Continental.

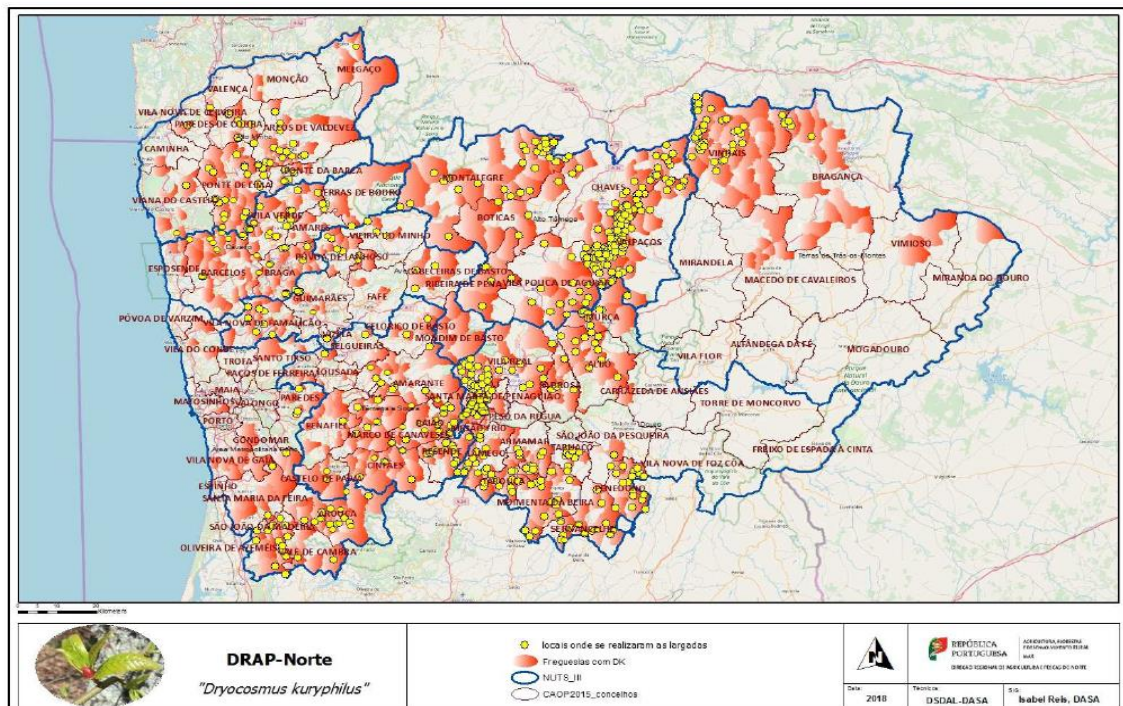


Figura 1.14 - Histórico de largadas de *Torymus sinensis*, entre 2015 e 2020 no Norte de Portugal (DRAPN, 2020)

Ainda de acordo com dados disponibilizados pela REFCAST, em todo o País, foram realizadas 2401 largadas no mesmo até final de 2020. No Quadro 1.7 estão detalhadas por região agrária as largadas de *T. sinensis*, neste período.

Quadro 1.7 - Número de largadas de *Torymus sinensis* em Portugal, por Região entre 2015 e 2020.

<b>Região</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Norte	35	62	129	446	396	315
Centro	0	42	92	194	334	126
Madeira	0	0	80	80	30	40
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>104</b>	<b>301</b>	<b>720</b>	<b>760</b>	<b>481</b>

Fonte: REFCAST, 2020 (<http://soscast.eu>)

A limitação natural exercida por um conjunto diverso de espécies auxiliares nativas, embora desempenhando uma ação importante, não se afigura suficiente (à luz dos conhecimentos atuais) no sentido do controlo efetivo desta praga. Por outro lado, o uso de meios químicos não se tem revelado uma opção válida, e a inexistência de outros métodos bioquímicos e genéticos, não são ainda praticáveis no curto prazo.

De acordo com estudos realizados noutros países, a recente introdução do parasitoide específico *T. sinensis*, é perspetivada como a alternativa mais promissora na proteção contra a vespa-das-galhas-do-castanheiro. Paralelamente, torna-se fundamental estudar o ecossistema castanheiro na região do Minho, no sentido de identificar e monitorizar a entomofauna autóctone, na perspetiva de avaliar a ação complementar que os parasitoides nativos exercem na limitação natural das populações de *D. kuriphilus*.

Os objetivos definidos para este estudo, foram:

- Estudar a bioecologia de *D. kuriphilus*, caracterizando os diferentes estados de desenvolvimento nas condições de produção do Minho;
- Avaliar a adaptação e estabelecimento do parasitoide exótico *Torymus sinensis*, no ambiente natural do castanheiro nas áreas de estudo no Minho, onde foi libertado de forma controlada desde 2015;

- Identificar os parasitoides nativos associados ao ecossistema castanheiro na região do Minho, que embora não sejam considerados específicos, podem desempenhar um papel complementar e importante na limitação natural de *D. kuriphilus*, avaliando a sua diversidade, abundância e taxa de parasitismo.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Localização das parcelas em estudo

O presente trabalho foi realizado no período de 2018 a 2020 em cinco soutos localizados no Alto Minho, sendo quatro do concelho de Arcos de Valdevez e um no concelho de Ponte de Lima. Os soutos seleccionados para a realização deste trabalho, estão caracterizados no Quadro 2.1. As coordenadas de georreferenciação e representação dos soutos são apresentadas no Anexo 1.

Quadro 2.1 - Identificação e caracterização dos soutos estudados (P1 a P5) em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*.

Códigos das parcelas	Área (ha)	Localização (freguesia, concelho)	Principais cultivares	Nº de largadas <i>Torymus sinensis</i>	Ano das largadas
P1-AVV-2T	1,22	Rio Cabrão, Arcos de Valdevez	Amarelal	2	2016 2017
P2-AVV-2T	0,29	Távora S. Maria, Arcos de Valdevez	Marigoule	2	2016 2017
P3-AVV-1T	0,35	Rio de Moinhos, Arcos de Valdevez	Amarelal Marsol	1	2017
P4-AVV-NT	1,10	S. Paio, Arcos de Valdevez	Amarelal Bouche Marigoule	0	-----
P5-PTL-2T	1,83	Gondufe, Ponte de Lima	Marigoule	2	2016 2017

### 2.2. Bioecologia de *Dryocosmus kuriphilus*

#### 2.2.1 Quantificação das populações de *Dryocosmus kuriphilus*

Entre os meses de janeiro e março de 2018, em cada souto, foram efetuadas mensalmente colheitas de 100 gomos de castanheiro em ramos do ano. O material colhido foi embalado, devidamente identificado e transportado para laboratório. Em laboratório, os gomos foram dissecados à lupa binocular (Modelo SZ-ET /marca Olympus). O número de larvas de *D.*



*kuriphilus* por gomo foi registrado e posteriormente determinou-se a percentagem de gomos infestados.

A partir do abrolhamento dos gomos, entre abril e junho de 2018, foram colhidas quinzenalmente em cada souto 240 galhas de primavera, num total de 5 colheitas por souto. O material identificado e transportado para laboratório (Figura 2.1) foi sujeito a limpeza para remoção de folhas, restos de ramos e insetos.

Cada amostra foi dividida em duas sub-amostras: uma composta por 80 galhas para serem sujeitas a dissecação à lupa binocular e outra amostras composta pelas restantes 160 galhas, que foram colocadas em caixas de cartão (20 cm x 36 cm x 13 cm), devidamente etiquetadas, para registo semanal da emergência de *D. kuriphilus* e de parasitoides, até maio de 2019. As caixas de cartão utilizadas para monitorizar a emergência de insetos, foram previamente identificadas e devidamente isoladas com fita cola opaca na parte interior da caixa de modo a evitar fuga de insetos. As caixas foram colocadas à temperatura ambiente do laboratório e sem incidência direta da luz.

Os adultos emergidos das galhas foram capturados num tubo transparente (Tubo Falcon, 50 ml), enroscado num orifício de saída na caixa (Figura 2.2) devidamente identificado (souto, data colheita galhas). A quantificação de adultos de *D. kuriphilus* foi registada semanalmente, substituindo sistematicamente os tubos Falcon em cada caixa e os insetos transferidos para tubos Eppendorf contendo álcool a 70% e guardados em laboratório para posterior quantificação e identificação.

A determinação da duração da fase larvar de *D. kuriphilus*, e a taxa de parasitismo, nas condições de produção de cada souto, e de acordo com o número de largadas de *T. sinensis* efetuadas, foi realizada através da observação da sub-amostra de 80 galhas de primavera dissecadas quinzenalmente, em cada souto.



Figura 2.1 - Amostra de 240 galhas formadas na primavera (galhas novas colhidas em 2018).

### **2.2.2 Quantificação de parasitoides e taxa de parasitismo natural associado a *Dryocosmus kuriphilus***

A monitorização da eclosão de parasitoides adultos nativos presentes em cada souto foi realizada por amostragem de galhas de primavera, seguindo a mesma metodologia descrita para *D. kuriphilus* (§ 2.2.1). Do mesmo modo, a partir da observação das galhas de primavera dissecadas quinzenalmente, foram registados os valores relativos à densidade populacional de parasitoides presentes no interior das galhas, determinados de acordo com a metodologia já descrita (§ 2.2.1). Foram consideradas apenas as três primeiras colheitas (240 galhas), de modo a excluir possíveis erros de contagem e uma interpretação correta da situação de parasitismo pela observação das câmaras de *D. kuriphilus*, após o início das emergências de adultos de *D. kuriphilus* e de parasitoides nativos.

Para determinar a percentagem de galhas parasitadas e estimar as taxas de parasitismo, as galhas de primavera colhidas em 2018 nos 5 soutos foram dissecadas sob lupa binocular, e cada câmara foi avaliada como parasitada ou não, de acordo com sua condição, ou seja, a presença de uma mancha preta cobrindo aproximadamente metade da parede interior da câmara, ou o hospedeiro encontrado (*D. kuriphilus*), de acordo com o proposto por Santos *et al.* (2017). As taxas de parasitismo foram calculadas relacionando-se o número de câmaras parasitadas com o número total de câmaras na amostra, da seguinte forma:

$$\text{Taxa de parasitismo} = \left( \frac{\text{N}^{\circ} \text{ câmaras parasitadas}}{\text{N}^{\circ} \text{ total câmaras}} \right) \times 100$$

### **2.2.3 Identificação de parasitoides nativos**

Os parasitoides foram identificados morfológicamente ao nível do género e espécie com recurso a chaves taxonómicas (Marsh, 1993; Triplehorn & Johnson, 2005) e a exemplares de parasitoides previamente identificados pela equipa do Professor Albino Bento, depositados no Laboratório de Entomologia (ESA/IPB).

#### **2.2.4 Indicadores da estrutura das populações de parasitoides nativos associados a *Dryocosmus kuriphilus***

A diversidade das populações estudadas foi analisada através da determinação da abundância de espécies, da frequência relativa e do índice de diversidade de Simpson.

A abundância representa o número de indivíduos de cada espécie e a frequência relativa representa a percentagem relativa ao número de vezes que cada espécie foi identificada nos locais estudados.

A diversidade de parasitoides nativos (C) foi avaliada através do índice de diversidade de Simpson (Morris *et al*, 2014) utilizando a fórmula:

$$C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^s n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad \text{em que:}$$

n = número de indivíduos de uma espécie

N = número total de organismos

A diversidade biológica é maior quanto mais próximo de 1 for o valor do índice de diversidade de Simpson.

#### **2.2.5 Avaliação da eficácia de tratamentos de *Torymus sinensis* como meio de luta biológico**

Decorrente da aplicação do Plano de Ação Nacional para controlo da praga *D. kuriphilus*, sob coordenação da DGAV, que estabelece as ações de prospeção e controlo da vespa-das galhas-do-castanheiro no território nacional, para evitar a dispersão da praga em Portugal, e definidas igualmente as entidades envolvidas na sua execução, foram realizadas largadas do parasitoide exótico *T. sinensis*, específico de *D. kuriphilus* em 4 dos 5 soutos estudados no presente trabalho (§ 2.1). Todos os pomares foram acompanhados, registando-se a evolução da fenologia do castanheiro e o início de formação de galhas, para assim determinar o momento oportuno para efetuar as largadas de *T. sinensis*. Assim, em cada souto as largadas foram efetuadas no estado fenológico D (aparecimento das nervuras e desenvolvimento das folhas).

As largadas de campo de *T. sinensis* foram realizados em 2016 e 2017, utilizando tubos com, aproximadamente, 190 insetos, 70 machos e 120 fêmeas (DRAPN, 2019).

### 2.2.6 Quantificação de populações de *Torymus sinensis* e parasitismo efetivo

Para estudar o estabelecimento de *T. sinensis* na região do Minho, após libertações controladas e autorizadas pelas autoridades envolvidas no programa nacional de luta contra a vespa-das-galhas-do-castanheiro nesta região de Portugal em que foram realizadas as primeiras largadas deste parasitoide exótico, as amostras de campo foram recolhidas nos 5 souts do Minho, já descritos em capítulos anteriores.

A monitorização, quantificação e identificação de *T. sinensis* foi realizada seguindo a metodologia descrita para os parasitoides naturais (§ 2.2.2), a partir de fevereiro de 2019.

As taxas de parasitismo foram calculadas relacionando-se o número parasitoides *T. sinensis* emergidos e o número total de câmaras na amostra, de acordo com Nieves-Aldrey *et al.*, (2019):

$$\text{Taxa de parasitismo} = \left( \frac{N^{\circ} T_{sinensis}}{N^{\circ} galhas \times MCG} \right) \times 100$$

em que:

N° T sinensis – número de parasitoides *Torymus sinensis* por amostra

N° galhas – número de galhas recolhidas por local

MCG – número médio de câmaras por galha

### 3. Resultados

#### 3.1. Bioecologia de *Dryocosmus kuriphilus*

A dissecação de gomos de inverno, efetuada entre janeiro e março de 2018 evidenciou a presença de *D. kuriphilus* em todos os souts (Quadro 3.1 e Figura 3.1). A percentagem de gomos infestados com *D. kuriphilus* oscilou entre 67,0% no souto P5PTL-2T e 80,0% no P2AVV-2T. No que respeita ao número médio de larvas de *D. kuriphilus* por gomo, os valores variaram entre  $2,04 \pm 1,93$  no souto P5PTL-2T e  $2,92 \pm 2,33$  no souto P4AVV-NT(Quadro3.1).

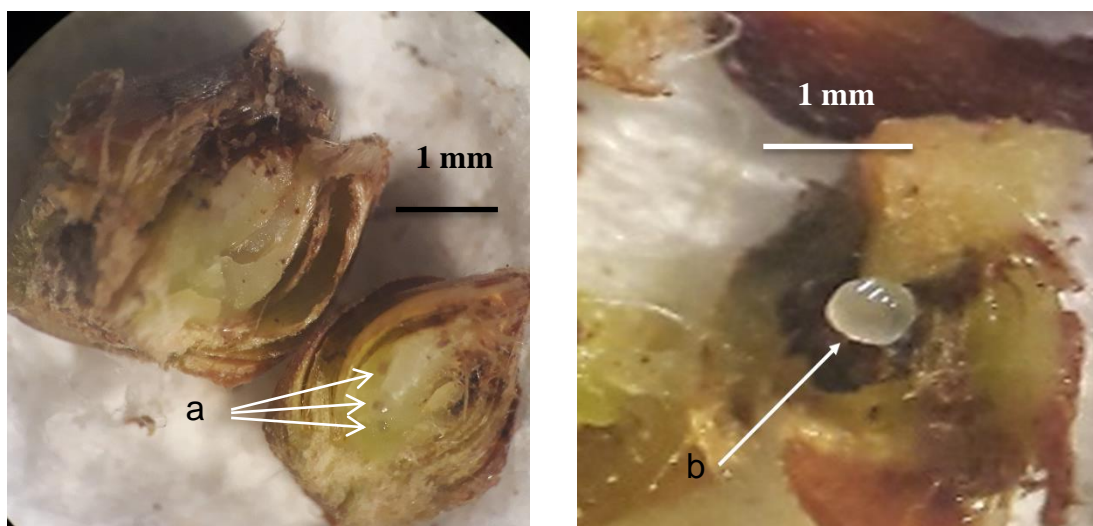


Figura 3.1 - Larvas L1 (a e b) de *Dryocosmus kuriphilus* no interior de gomos de castanheiro, 2018 (Imagens à lupa binocular)

No Quadro 3.1 apresentam-se ainda os valores relativos dos gomos infestados, e o número médio de larvas de *D. kuriphilus* por gomo e respetivos desvios padrão, que evidenciaram um nível de ataque entre 67% (P5PTL-2T) e 80% (P2AVV-2T).

Quadro 3.1 - Intensidade de ataque avaliado pela percentagem de gomos infestados e número médio de larvas de *Dryocosmus kuriphilus* por gomo  $\pm$  desvio padrão, nos soutos P1 a P5 de Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*, 2018

Local	nº de gomos	% de gomos infestados	Nº médio de larvas/gomo $\pm$ Desvio padrão
P1AVV-2T	200	78,0%	2,54 $\pm$ 2,03
P2AVV-2T	200	80,0%	2,66 $\pm$ 2,02
P3AVV-1T	200	74,0%	2,90 $\pm$ 2,30
P4AVV-NT	200	77,5%	2,92 $\pm$ 2,33
P5PTL-2T	300	67,0%	2,04 $\pm$ 1,93

A dissecação das galhas de primavera, (Figura 3.2) mostrou que o número médio de câmaras por galha oscilou entre 6,20  $\pm$  2,90 (P5PTL-2T) e 6,98  $\pm$  3,65 (P4AVV-NT).

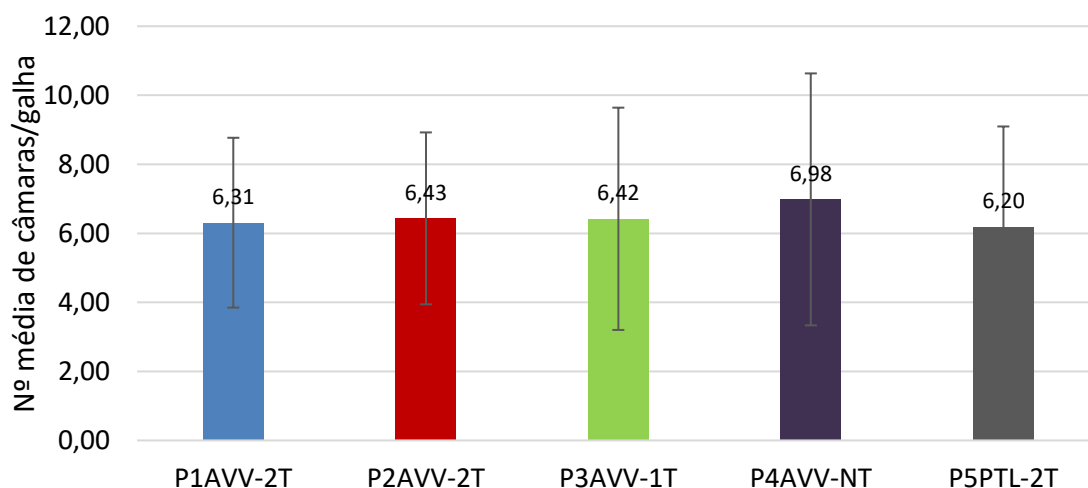


Figura 3.2 - Número médio de câmaras de *Dryocosmus kuriphilus* por galha (média  $\pm$  desvio-padrão) nos soutos de Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*, 2018.

Com base nos resultados da dissecação das galhas de primavera de 2018 (Quadro 3.2) o número de câmaras com *D. kuriphilus* foi aparentemente menor no souto de Ponte de Lima (P5PTL-2T), tendo-se registado maior número de câmaras (1676 câmaras de *D. kuriphilus*) no souto de Arcos de Valdevez em que não houve nenhuma largada de *T. sinensis* (P4AVV-NT), oscilou entre e no souto de Arcos de Valdevez sem qualquer tratamento de *T. sinensis* (P4AVV-NT).

Quadro 3.2 - Resultados da dissecação das galhas de primavera colhidas em 2018 nos 5 souts do Minho (P1 a P5) localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*.

LOCAL	Nº de galhas dissecadas	Nº de câmaras de <i>D. kuriphilus</i>	Nº Médio de câmaras por galha ± Desvio Padrão
P1AVV-2T	240	1514	6,31 ± 2,46
P2AVV-2T	240	1544	6,43 ± 2,49
P3AVV-1T	240	1541	6,42 ± 3,22
P4AVV-NT	240	1676	6,98 ± 3,65
P5PTL-2T	240	1487	6,20 ± 2,90

Relativamente à emergência de *D. kuriphilus* a partir das galhas de primavera registou-se um total de 4027 insetos adultos, entre o período de 1 de junho a 10 de agosto de 2018 (Figura 3.4). Os picos de emergências ocorreram a 29 de junho no souto P2 AVV-2T (Arcos de Valdevez) e a 13 de julho, no souto P5PTL-2T situado em Ponte de Lima. Nos restantes souts registaram-se picos de emergências no intervalo compreendido entre as datas referidas e conclui-se que a praga está presente em todos os souts com maiores populações até 20 de junho, data a partir da qual, as populações começam a diminuir (Figura 3.3).

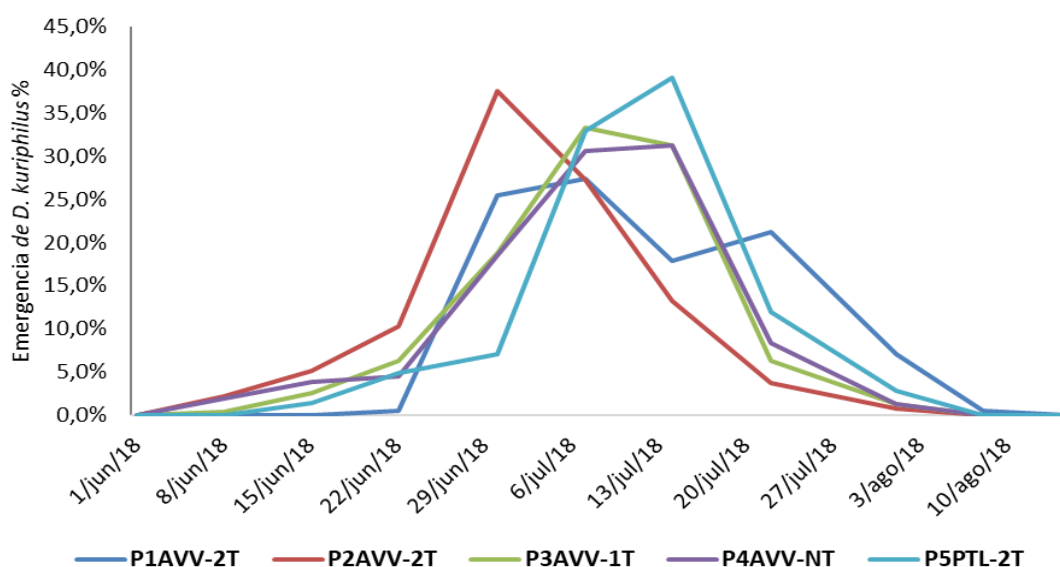


Figura 3.3 - Evolução semanal da emergência de *Dryocosmus kuriphilus* em 5 souts no Minho (P1-P5) localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*, 2018.

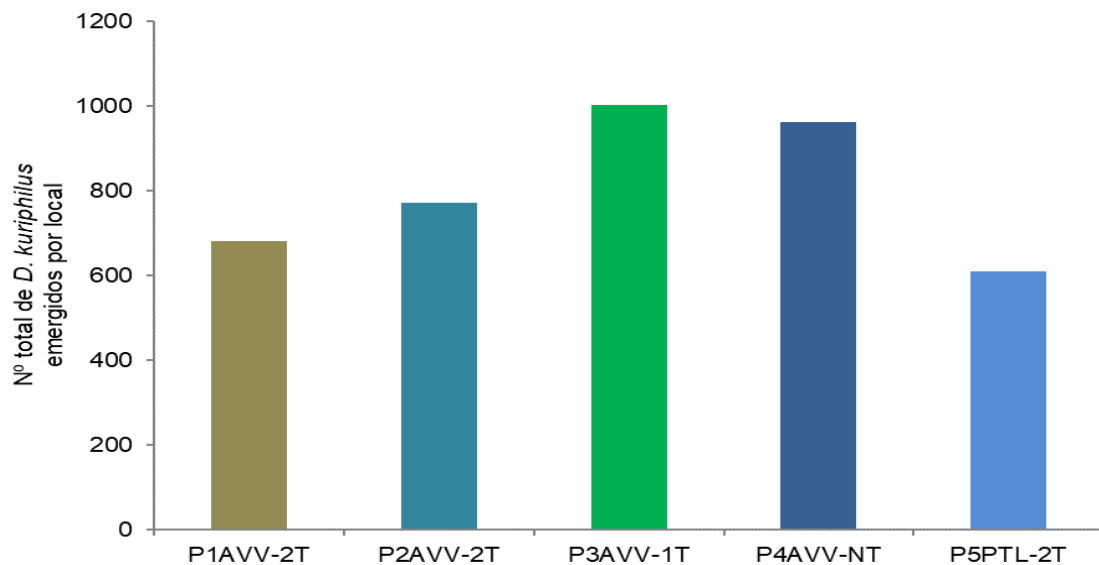


Figura 3.4 – Número total de adultos *Dryocosmus kuriphilus*, emergidos por souto em 2018. P1 a P5- nº de referência do Souto; AVV-Arcos de Valdevez; PTL-Ponte de Lima; T- tratamento de *Torymus sinensis*; NT-não tratado com *Torymus sinensis*.

As observações de gomos e galhas de castanheiro e a monitorização das emergências de adultos de *D. kuriphilus*, permitiu determinar a evolução dos diferentes estados de desenvolvimento (Figura 3.5)

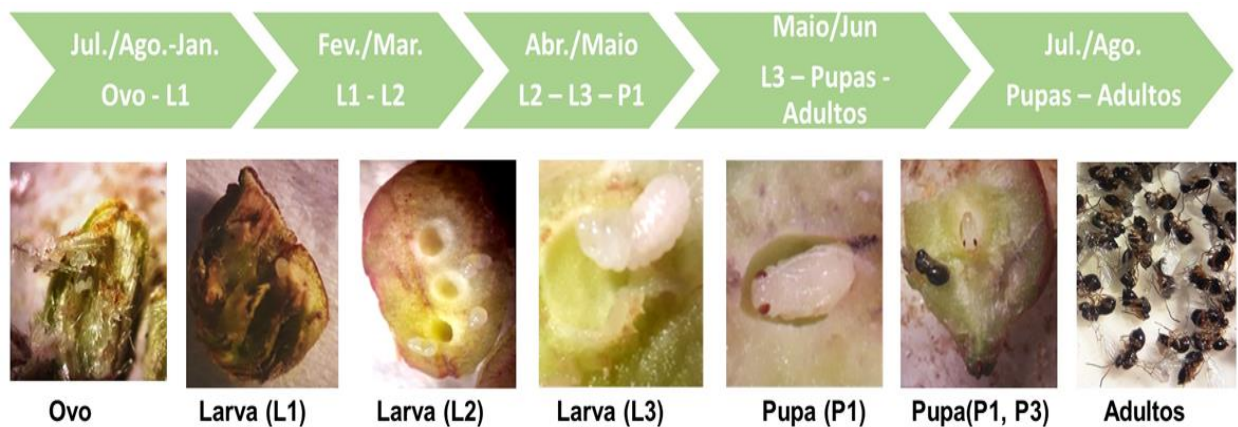


Figura 3.5 - Estados de desenvolvimento de *Dryocosmus kuriphilus* no Minho, 2018



### 3.1.1 Quantificação de parasitoides e taxa de parasitismo natural associado a *Dryocosmus kuriphilus*

Os resultados da avaliação da presença de parasitoides nas galhas de primavera colhidas em 2018, após a sua dissecação, comprovaram a presença de parasitoides e o parasitismo natural de *D. kuriphilus* (Figura 3.6 e 3.7). Verificou-se que a percentagem de galhas parasitadas variou entre 34% e 51% nos soutos de Arcos de Valdevez - P3AVV-1T (1 largada de *T. sinensis* em 2017) e P2AVV-2T (2 largadas de *T. sinensis* em 2016 e 2017), respetivamente (Quadro 3.3).

Quadro 3.3 - Valores absolutos e relativos de galhas de primavera parasitadas por *Torymus sinensis* e parasitoides autóctones em 5 soutos no Minho (P1 a P5) localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis* (NT), 2018.

Local	Nº total de galhas	Nº de galhas parasitadas	% de galhas parasitadas
P1AVV-2T	240	89	37%
P2AVV-2T	240	123	51%
P3AVV-1T	240	82	34%
P4AVV-NT	240	103	43%
P5PTL-2T	240	100	42%



Figura 3.6 - Galha de primavera evidenciando pupa de *Dryocosmus kuriphilus* parasitada por duas larvas de parasitoides. Imagem registada em 09/07/2018.

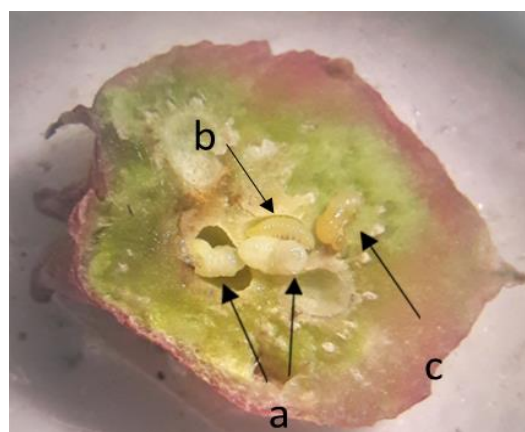


Figura 3.7 - Galha de primavera dissecada: (a) 2 larvas de *Dryocosmus kuriphilus* parasitadas; (b), larva de parasitoide; (c) pupa de parasitoide. Imagem registada em 22/04/2019.

A taxa de parasitismo (Quadro 3.4) variou entre 6,7% (P3AVV-1T) e 9,7% (P2AVV-2T), considerando a relação entre o número câmaras com presença de parasitoides e o número total de câmaras.

Quadro 3.4 - Número total de câmaras, número de câmaras parasitadas e taxa de parasitismo em 5 soutos do Minho (P1 a P5) localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*, 2018

Local	Nº total de câmaras	Nº de câmaras parasitadas	% de câmaras parasitadas
P1AVV-2T	1514	114	7,5%
P2AVV-2T	1544	150	9,7%
P3AVV-1T	1541	104	6,7%
P4AVV-NT	1676	133	7,9%
P5AVV-2T	1487	118	7,9%

### 3.1.2 Identificação e dinâmica populacional dos parasitoides nativos

A evolução semanal das emergências dos parasitoides nativos a partir das galhas de primavera de 2018 (Figura 3.5) mostra que o período de emergência de adultos decorreu entre 16 de maio e 22 de agosto de 2018, com dois picos, o primeiro a 6 de junho e o segundo, embora menos pronunciado, entre as semanas de 4 e 11 de julho de 2018.

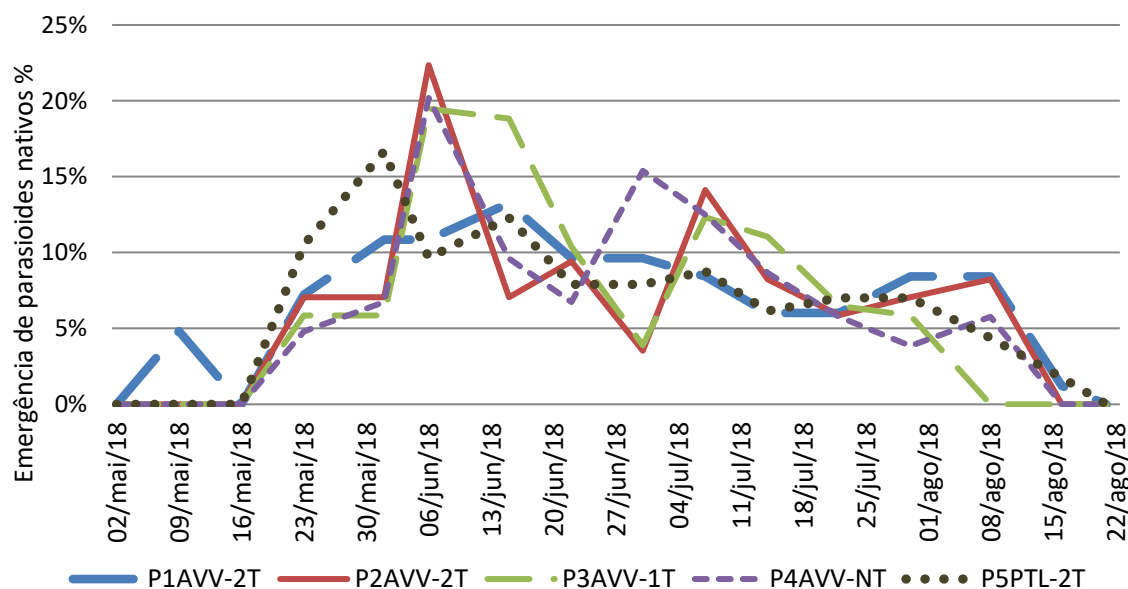


Figura 3.8 - Evolução semanal da emergência de parasitoides nativos de *Dryocosmus kuriphilus* em 5 soutos do Minho (P1 a P5) localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*, 2018.

Para o conjunto dos 5 souts submetidos a diferentes tratamentos (largadas) de *T. sinensis* identificaram-se 430 exemplares de parasitoides. Esta identificação revelou a existência de 11 espécies (Quadro 3.5), pertencentes a sete géneros e cinco famílias: Eupelmidae, Pteromalidae, Ormyridae, Eurytomidae e Torymidae (Quadro 3.6). Todas as famílias pertencem à superfamília Chalcidoidea.

Quadro 3.5 - Identificação de parasitoides nativos nos souts localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*, 2018.

Espécies de parasitoides nativos	Souts				
	P1AVV-2T	P2AVV-2T	P3AVV1T	P4AVV-NT	P5PTL-2T
<i>Eupelmus azureos</i>	-	-	P	P	P
<i>Eupelmus uruzonus</i>	P	P	P	P	P
<i>Eurytoma brunniventris</i>	P	P	P	P	P
<i>Eurytoma pistaciae</i>	-	-	-	P	-
<i>Megastigmus dorsalis</i>	P	P	P	P	P
<i>Mesopolobus sp.</i>	P	P	P	P	P
<i>Ormyrus pomaceus</i>	P	P	P	P	P
<i>Sycophila biguttata</i>	-	P	-	P	-
<i>Sycophila iracemae</i>	P	P	P	P	P
<i>Sycophila variegata</i>	P	P	P	P	P
<i>Torymus flavipes</i>	P	P	P	P	P
<b>Nº Total Espécies</b>	8	8	9	11	9

P - presente      - ausente

Quadro 3.6 - Posição sistemática das espécies de parasitoides identificadas nos souts localizados em Arcos de Valdevez e Ponte de Lima, 2018.

Espécies	Família
<i>Eupelmus azureos</i> (Ratzeburg, 1844)	Eupelmidae
<i>Eupelmus urozonus</i> (Dalman, 1820)	
<i>Mesopolobus sp.</i>	Pteromalidae
<i>Ormyrus pomaceus</i> (Geoffroy, 1785)	Ormyridae
<i>Eurytoma brunniventris</i> (Ratzeburg, 1852)	Eurytomidae
<i>Eurytoma pistaciae</i> (Rondani, 1877)	
<i>Sycophila biguttata</i> (Swederus, 1795)	
<i>Sycophila iracemae</i> (Nieves Aldrey, 1984)	
<i>Sycophila variegata</i> (Curtis, 1831)	Torymidae
<i>Megastigmus dorsalis</i> (Fabricius, 1798)	
<i>Torymus flavipes</i> Walker, (1833)	

Nas figuras 3.9 a 3.13 apresentam-se as onze espécies nativas de parasitoides, de acordo com a respectiva família a que pertencem.

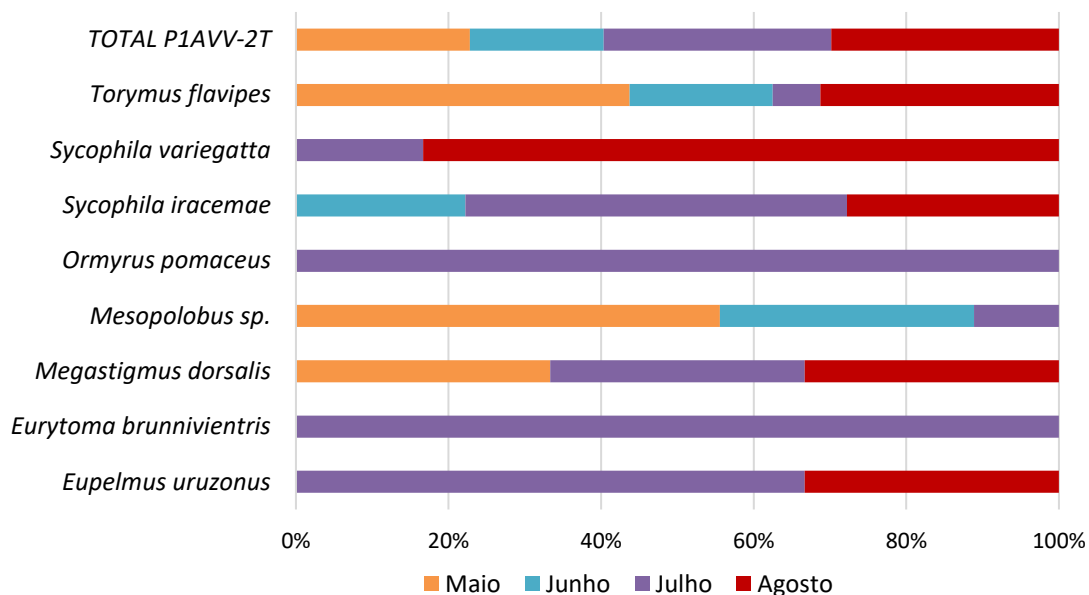


Figura 3.9- Evolução mensal da emergência de parasitoides nativos de *Dryocosmus kuriphilus* em 2018 no souto de Arcos de Valdevez, Rio Cabrão com dois tratamentos de *Torymus sinensis* (P1AVV-2T).

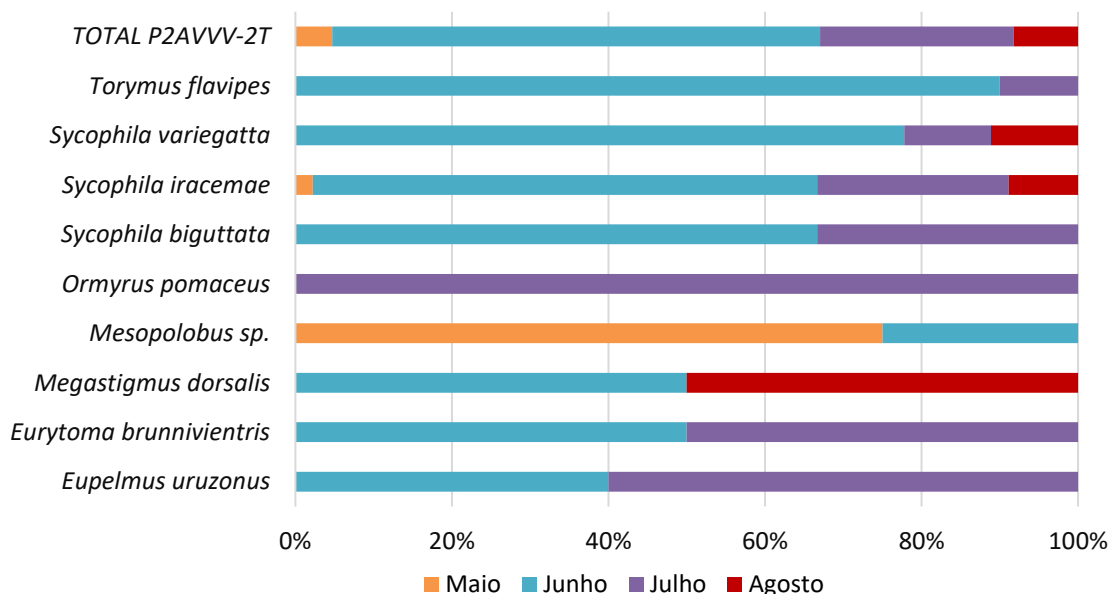


Figura 3.10 - Evolução mensal da emergência de parasitoides nativos de *Dryocosmus kuriphilus* em 2018 no souto de Arcos de Valdevez, Távora S. Maria, com dois tratamentos de *Torymus sinensis* (P2AVV-2T).

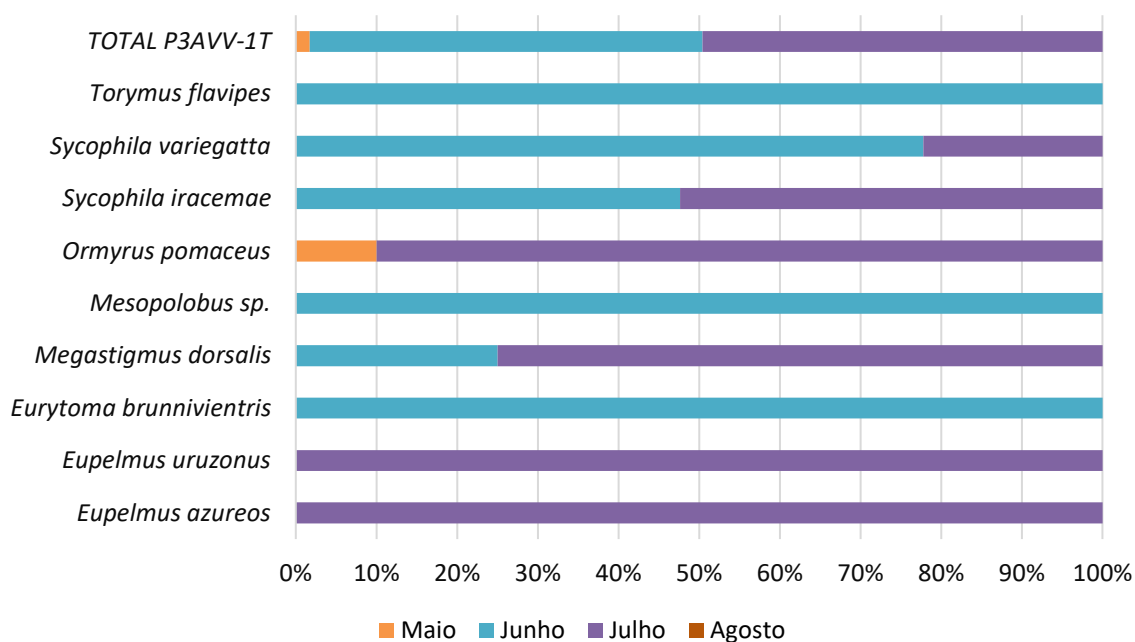


Figura 3.11- Evolução mensal da emergência de parasitoides nativos de *Dryocosmus kuriphilus* em 2018 no souto de Arcos de Valdevez, Rio de Moinhos com um tratamento de *Torymus sinensis* (P3AVV-1T).

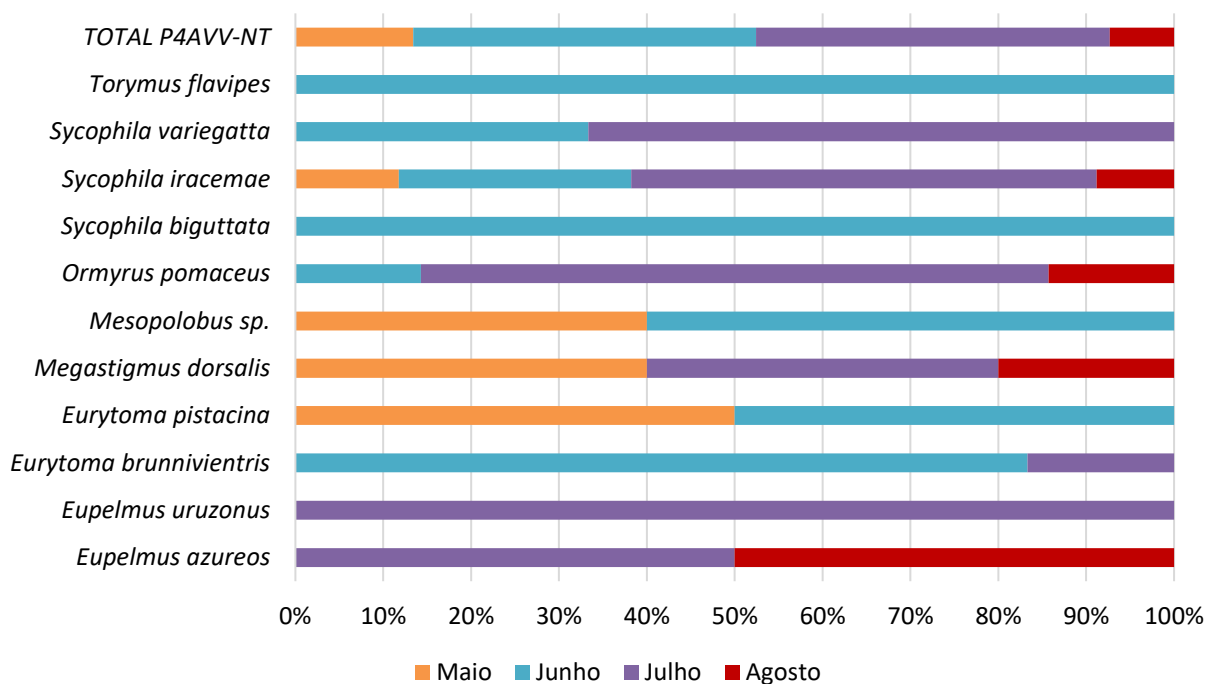


Figura 3.12- Evolução mensal da emergência de parasitoides nativos de *Dryocosmus kuriphilus* em 2018 no souto de Arcos de Valdevez, S. Paio sem tratamento de *Torymus sinensis* (P4AVV-NT).

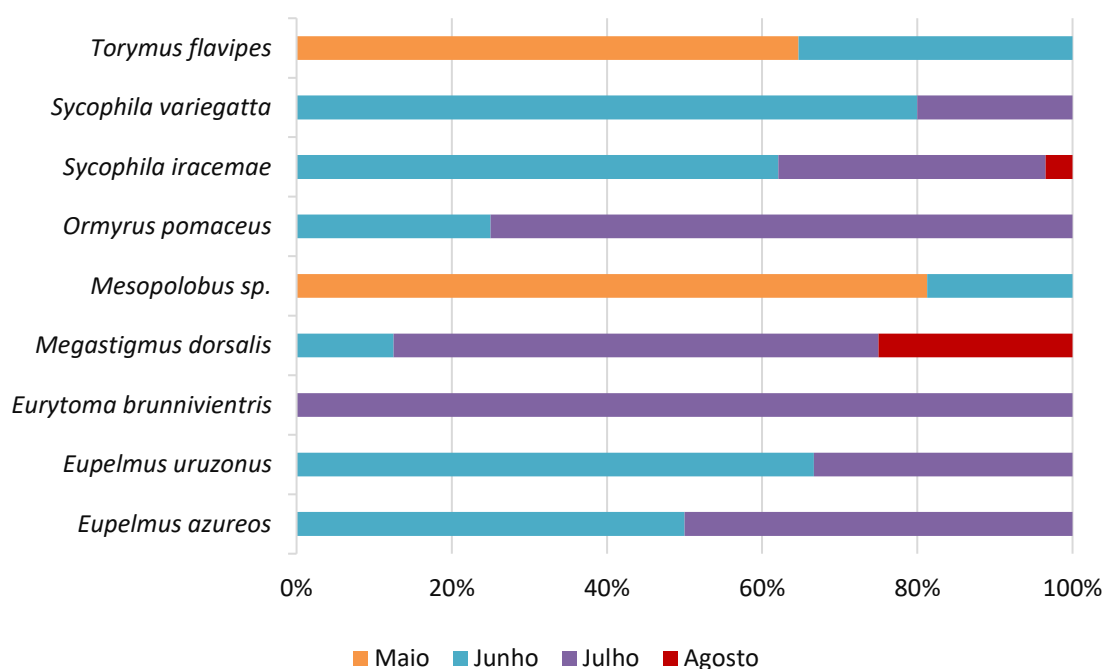


Figura 3.13 - Evolução mensal da emergência de parasitoides nativos de *Dryocosmus kuriphilus* em 2018 no souto de Ponte de Lima, Gondufe, com dois tratamentos de *Torymus sinensis* (P5PTL-2T).

### 3.1.3 Abundância e frequência específica de parasitoides nativos

As espécies mais abundantes são *Sycophila iracemae*, *Torymus flavipes*, *Mesopolobus sp.*, *Ormyrus pomaceus* e *Sycophila variegata*, com abundâncias de respectivamente 189, 57, 44, 39 e 34 (Quadro 3.6). Todas estas espécies foram encontradas em todos os soutos, pelo que apresentaram valores de frequência relativa de 100%. A espécie *Sycophila biguttata* foi identificada apenas em 2 soutos (P2AVV-2T, P4AVV-NT) e a espécie *Eupelmus azureos* em três soutos (P3AVV-1T, P4AVV-NT e P5PTL-2T), apresentando valores de abundância e de frequência relativa de respectivamente 5 e 60%. Por sua vez, a espécie menos abundante e menos frequente foi *Eurytoma pistaciae*, com valores de respectivamente 2 e 20% (Quadro 3.7), presente unicamente no souto P4AVV-NT.

Quadro 3.7 - Abundância e frequência relativa das espécies nativas de parasitoides identificadas em 2018 nos soutos localizados em Arcos de Valdevez e Ponte de Lima, com diferentes tratamentos de *Torymus sinensis*

Espécies de parasitoides nativos	Nº insetos	M	%
<i>Eupelmus azureos</i>	5	3	60%
<i>Eupelmus uruzonus</i>	14	5	100%
<i>Eurytoma brunnivientris</i>	17	5	100%
<i>Eurytoma pistaciae</i>	2	1	20%
<i>Megastigmus dorsalis</i>	24	5	100%
<i>Mesopolobus sp.</i>	44	5	100%
<i>Ormyrus pomaceus</i>	39	5	100%
<i>Sycophila biguttata</i>	4	2	40%
<i>Sycophila iracemae</i>	190	5	100%
<i>Sycophila variegatta</i>	34	5	100%
<i>Torymus flavipes</i>	57	5	100%

N = número de indivíduos; M = abundância (número de contagens em que apareceu cada espécie); % = frequência relativa (frequência de aparecimento no total das amostras).

No Quadro 3.8 são apresentadas o número de espécies e os valores absolutos das espécies de parasitoides nativos identificadas por souto, sendo possível verificar que o maior número de espécies ocorreu no souto de Arcos de Valdevez (AVV) em que não houve largadas de *T. sinensis* (NT) P4AVV-NT, contudo, a população global de parasitoides foi maior no souto em que houve apenas 1 largada de *T. sinensis* (1T), igualmente localizado em Arcos de Valdevez (P3AVV-1T).

Quadro 3.8 - Número de adultos de parasitoides nativos emergidos nos soutos localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL) em 2018.

Espécies nativas	P1AVV-2T	P2AVV-2T	P3AVV-1T	P4AVV-NT	P5PTL-2T
<i>Eupelmus azureos</i>	0	0	1	2	2
<i>Eupelmus uruzonus</i>	3	5	1	2	3
<i>Eurytoma brunnivientris</i>	1	2	7	6	1
<i>Eurytoma pistacina</i>	0	0	0	2	0
<i>Megastigmus dorsalis</i>	3	4	4	5	8
<i>Mesopolobus sp.</i>	9	4	5	10	16
<i>Ormyrus pomaceus</i>	1	3	20	7	8
<i>Sycophila biguttata</i>	0	3	0	1	0
<i>Sycophila iracemae</i>	18	45	63	34	29
<i>Sycophila variegatta</i>	6	9	9	6	5
<i>Torymus flavipes</i>	16	10	7	7	17
Totais	57	85	117	82	89

A abundância relativa das espécies nativas de parasitoides em 2018, apresentada na Figura 3.14, evidenciou a dominância da espécie *Sycophila iracemae*, independentemente do número de largadas de *T. sinensis* efetuadas nos diferentes soutsos.

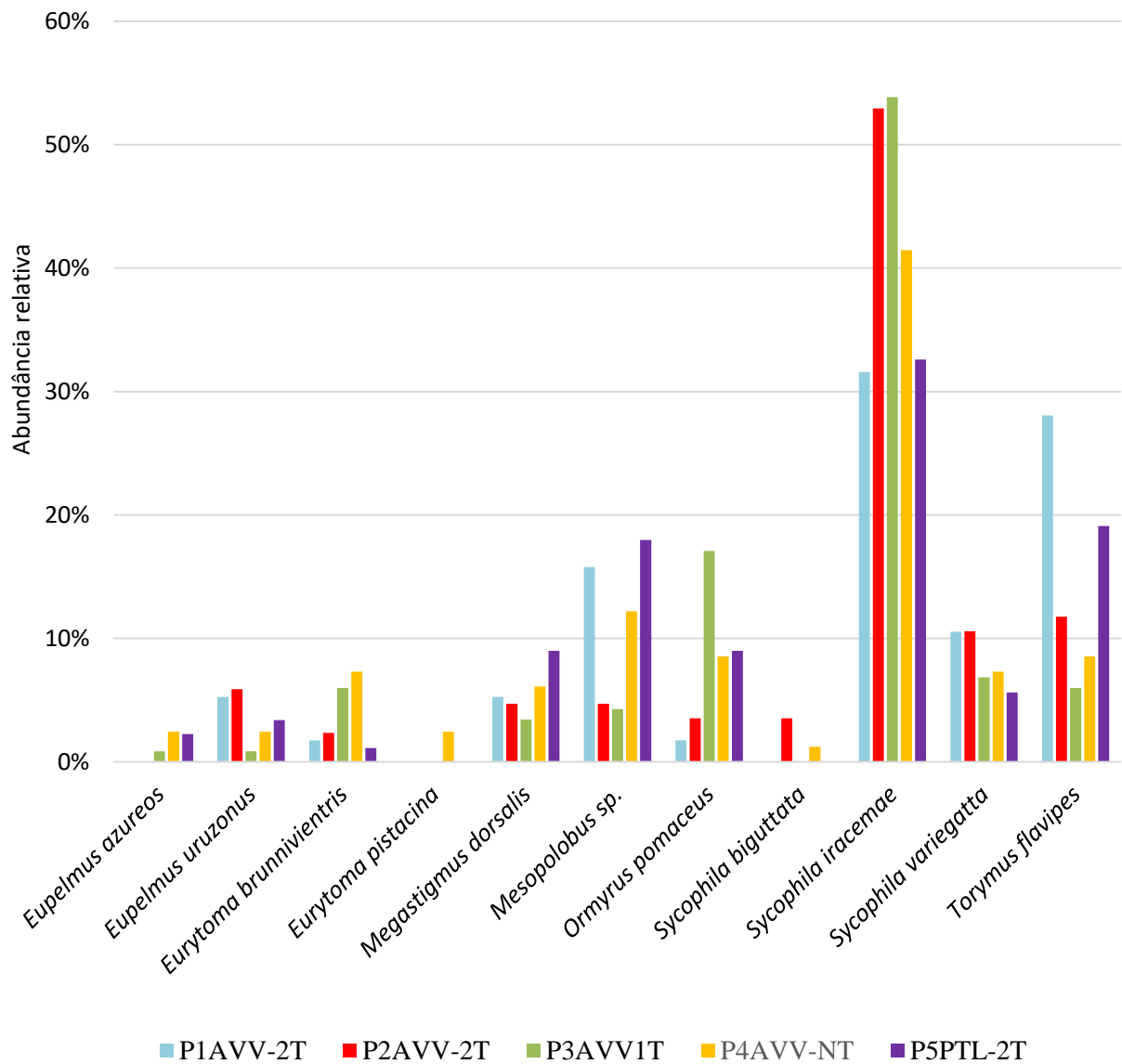


Figura 3.14 - Abundância relativa de parasitoides (géneros e espécies) identificadas em 2018 nos soutsos localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*



O número de espécies e os valores absolutos das espécies de parasitoides nativos identificadas por souto são apresentadas no Quadro 3.8. O maior número de espécies ocorreu no souto de Arcos de Valdevez (P4AVV-NT) em que não houve largadas de *T. sinensis*, contudo, a população global de parasitoides foi maior no souto igualmente localizado em Arcos de Valdevez (P3AVV-1T) em que houve apenas 1 largada de *T. sinensis* (1T).

A avaliação da diversidade biológica relativa à fauna auxiliar nativa, é representada através do cálculo do Índice de Diversidade de Simpson (Quadro 3.9). A diversidade de parasitoides nativos variou entre 0,670 (P3AVV-1T) e 0,813 (P5PTL-2T).

Quadro 3.9 - Índice de Diversidade Simpson calculada para os 5 soutos do Minho (P1 a P5), localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*, 2018.

Espécies Nativas	Índice de dominância de Simpson $D = n(n-1)/N(N-1)$				
	P1AVV-2T	P2AVV-2T	P3AVV1T	P4AVV-NT	P5PTL-2T
<i>Eupelmus azureos</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0003
<i>Eupelmus uruzonus</i>	0,0019	0,0028	0,0000	0,0003	0,0008
<i>Eurytoma brunniventris</i>	0,0000	0,0003	0,0031	0,0045	0,0000
<i>Eurytoma pistaciae</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000
<i>Megastigmus dorsalis</i>	0,0019	0,0017	0,0009	0,0030	0,0072
<i>Mesopolobus sp.</i>	0,0226	0,0017	0,0015	0,0136	0,0306
<i>Ormyrus pomaceus</i>	0,0000	0,0008	0,0280	0,0063	0,0072
<i>Sycophila biguttata</i>	0,0000	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000
<i>Sycophila iracemae</i>	0,0959	0,2773	0,2878	0,1689	0,1037
<i>Sycophila variegatta</i>	0,0094	0,0101	0,0053	0,0045	0,0026
<i>Torymus flavipes</i>	0,0752	0,0126	0,0031	0,0063	0,0347
<b>Totais</b>	<b>0,2068</b>	<b>0,3081</b>	<b>0,3296</b>	<b>0,208</b>	<b>0,187</b>
<i>Índice de Diversidade de Simpson (C)</i>	<b>0,793</b>	<b>0,692</b>	<b>0,670</b>	<b>0,792</b>	<b>0,813</b>

### 3.1.4 Estabelecimento de populações de *Torymus sinensis* no Minho

O estabelecimento de populações de *T. sinensis* nos soutos tratados através de duas largadas do parasitoide em 2016 e 2017, foi avaliado pelo registo da emergência de adultos de *T. sinensis* em 2019 a partir das galhas de verão colhidas em 2018. Na Figura 3.15 é evidenciado que o maior número de insetos de *T. sinensis* eclodidos se registou nos soutos de Arcos de Valdevez localizados em Rio Cabrão (P1) e Távora (P2), em que foram efetuadas duas largadas de *T. sinensis*, e em 2019 emergiram 23 e 12 adultos do parasitoide, respetivamente.

A taxa de parasitismo (Figura 3.15), variou entre 0,0205%, nos souts de Arcos de Valdevez, Salvador não tratado com *T. sinensis* (P4) e 0,5044 % no souto de Rio Cabrão (P1), com dois tratamentos de *T. sinensis*.

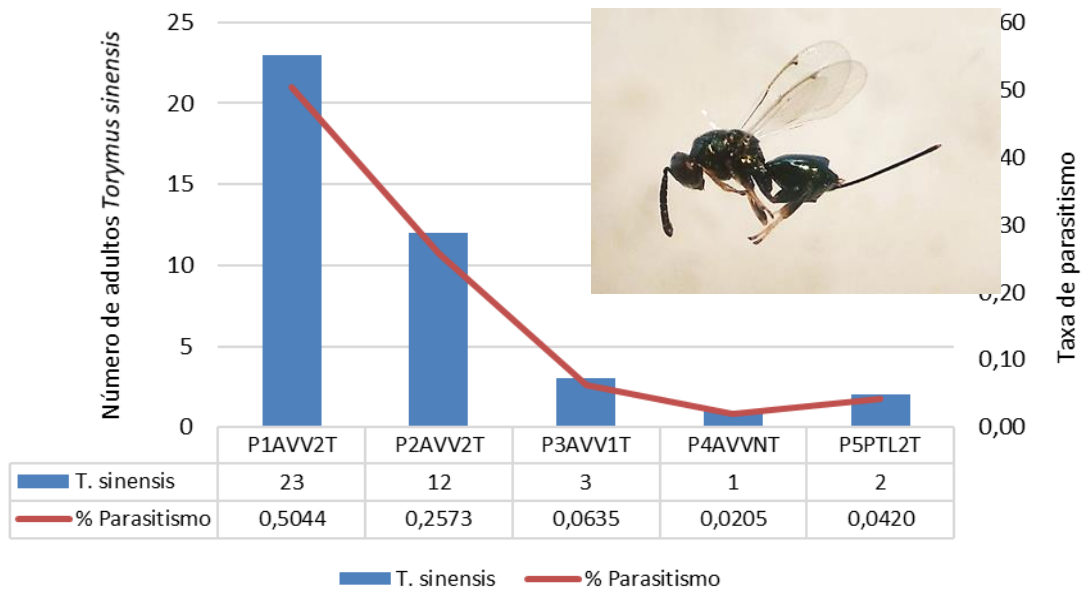


Figura 3.15 - Taxa de parasitismo de *Torymus sinensis* e número de adultos emergidos entre fevereiro e março de 2019 nos 5 souts do Minho (P1 a P5), localizados em Arcos de Valdevez (AVV) e Ponte de Lima (PTL), com um (1T), dois (2T) ou nenhum tratamento (NT) de *Torymus sinensis*.

Na figura 3.16 estão representadas duas imagens referentes à captura de *T. sinensis*, nas caixas de emergência. Neste caso dizem respeito a adultos de *T. sinensis* com origem na parcela P1AVV-2T.



Figura 3.16 - Imagens de *Torymus sinensis* emergidos na primavera de 2019

## **4. Discussão e conclusões**

### **4.1 Bioecologia de *Dryocosmus kuriphilus***

Os resultados da dissecação de gomos de inverno, realizadas, em 5 soutos localizados em Arcos de Valdevez e Ponte de Lima, em 2018, confirmam a elevada intensidade de ataque na cultura do castanheiro, em todos os soutos estudados na região do Minho, confirmando ainda a rápida dispersão da vespa-das-galhas-do-castanheiro em Portugal, descrita desde o aparecimento da praga em 2014 e reportada pela DGAV (2019).

A percentagem de gomos infestados por *D. kuriphilus* foi elevada em todos os locais estudados, variando entre 67% e 80%, independentemente do número de largadas de *T. sinensis* efetuadas e das cultivares de castanheiro presentes em cada pomar, como já foi também referido por Lopes (2018). Estes valores permitem classificar a intensidade de ataque no nível 3, o segundo mais grave na escala de 0 a 4, definida pela DGAV (2017).

### **4.2. Quantificação de parasitoides e taxa de parasitismo natural associado a *Dryocosmus kuriphilus***

O parasitismo natural associado a espécies de parasitoides nativas de *D. kuriphilus* foi confirmado neste trabalho, registando-se valores entre 34% e 51% das galhas de castanheiro parasitadas. Estes valores estão concordantes com outro estudo efetuado por Santos *et al.* (2018), realizado na região do Minho e de Trás-os-Montes (Trancoso), entre os anos de 2015 e 2017. Segundo estes autores, os valores de parasitismo natural obtidos em soutos no Minho foram sempre superiores aos obtidos nos soutos de Trancoso, provavelmente devido às condições climáticas mais amenas, e à maior riqueza de vegetação nas bordaduras dos soutos.

Os resultados obtidos no presente estudo permitem sugerir o papel importante que os parasitoides nativos podem assumir no controlo de *D. kuriphilus*, conferindo uma maior proteção da cultura do castanheiro contra esta grave praga do castanheiro. Quanto relacionado com o número de câmaras de *D. kuriphilus* registadas, e atendendo à grande capacidade de postura da espécie, a taxa de parasitismo natural efetiva situou-se entre 6,7% e 9,7%. Estes resultados confirmam que embora os parasitoides nativos desempenhem

um papel importante, a sua ação não foi suficiente para conter a população de *D. kuriphilus* presente nos soutos estudados.

### **4.3 Identificação e dinâmica populacional dos parasitoides nativos**

Neste estudo foram identificadas onze espécies de parasitoides nativos em 2018, pertencentes às famílias: Eupelmidae, Eurytomidae, Ormyridae, Pteromalidae e Torymidae, todas pertencentes à superfamília Chalcidoidea.

Um estudo realizado na região Norte por Santos *et al.* (2018), refere a identificação de 9 espécies. Também segundo Preza *et al.* (2017), foram identificadas 8 espécies de parasitoides nativos.

Os resultados agora obtidos são também concordantes com outros realizados em países como, Itália, Croácia, Japão, Coreia, em particular no que se refere às famílias de insetos identificados, todas pertencentes à superfamília Chalcidoidea (Murakami *et al.*, 1995; Stone *et al.*, 2002; Aebi *et al.*, 2007; Francati *et al.* 2015). Estes resultados vão de encontro aos de Bosio *et al.* (2009), que consideram tratar-se de parasitoides generalistas que parasitam insetos indutores de galhas em carvalhos e outras folhosas.

Os resultados referentes à emergência de parasitoides de diferentes géneros e espécies, comprovaram a riqueza e abundância das espécies nativas presentes nos 5 soutos estudados no Minho, resultados suportados pelos valores do índice de diversidade de Simpson obtidos em todos os soutos. Embora com dinâmicas populacionais diferentes entre as 11 espécies identificadas, a emergência de insetos adultos ocorreu entre 16 de maio e 22 de agosto de 2019, observando-se um pico máximo a 6 de junho.

Salienta-se a particularidade de junto ao souto P4AVV-NT existir uma área adjacente de carvalhos, o que parece ter contribuído para a diversidade de parasitoides nativos identificados. De facto, neste souto (Quadro 3.5), comprovou-se a existência de um maior nº de espécies (11), sugerindo a existência de efeitos benéficos da instalação de espécies de carvalhos, nas bordaduras dos soutos, como recomenda a DRAPC (2020), como uma medida para promover a diversidade biológica e o desenvolvimento de parasitoides autóctones, sendo assim importante realizar estudos específicos para validar a existência de maiores taxas de parasitismo nestas circunstâncias.

#### **4.4 Avaliação da presença do *Torymus sinensis* no Minho**

Os resultados mostram que o parasitoide exótico estava presente em todos os cinco sotos estudados e conseguiu reproduzir-se nos novos ambientes, fornecendo boas perspectivas de adaptação aos novos ecossistemas de castanheiro na região do Minho, tal como foi igualmente demonstrado por outros autores (Cardoso *et al.*, 2020).

Quanto à taxa de parasitismo por *T. sinensis*, conclui-se que o valor mais elevado de 0,5044 % ocorreu no soto de Arcos de Valdevez - Rio Cabrão (P1) em que se realizaram duas largadas de *T. sinensis* em 2016 e 2017. A taxa de parasitismo mais baixa de 0,0205% registou-se no soto em que não houve largadas do parasitoide (NT), localizado em Arcos de Valdevez - Salvador (P4), sendo importante considerar que a origem de *T. sinensis* no soto não tratado se justifica pelo facto de noutro pomar próximo (700 metros) não incluído neste estudo, se ter realizado uma largada em 2017.

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que o parasitoide exótico *T. sinensis* está a adaptar-se aos diferentes ecossistemas da região do Minho, sendo expectável a sua ação no esperado controlo biológico de *D. kuriphilus*, a confirmar num período temporal mais longo e em futuros trabalhos.

## 5. Referências bibliográficas

- Abreu, G., 2007. Origem e dispersão do castanheiro pelo mundo. In Laranjo, J., Ferreira-Cardoso, J. Portela, E., Abrei, G. (eds). Castanheiros. Programa Agro 499 – Contributo para a difusão do conhecimento das cultivares portuguesas de castanheiro. Vila Real. P.16-20.
- Aebi, A., Schonrogge, K., Melika, G., Alma, A., Bosio, G., Quacchia, A., Picciau, L., Abe, Y., Moriya, S., Yara, K., Seljak, G & Stone, GN., 2006. Parasitoid recruitment to the globally invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. in K Ozaki, J Yukawa, T Ohgushi & PW Price (eds), Galling Arthropods and Their Associates: Ecology and Evolution. Springer-Verlag Tokyo, pp. 103-121.
- Aebi, A.; Schonrogge, K.; Melika, G.; Quacchia, A.; Alma, A. & Stone, G.N. (2007) - Native and introduced parasitoids attacking the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *EPPO Bulletin*, vol. 37, n. 1, p. 166-171. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2007.01099.x>
- Aguin-Pombo, D., Arraiol, A., Guerreiro, J., Sardinha, D., Silva, A., Franquinho-Aguiar, A. M., 2008. A Cultura do Castanheiro. Centro de Estudos da Macaronésia. Funchal. 14 pp
- Battisti A, Benvegnù I, Colombari F, Haack RA. 2014. Invasion by the chestnut gall wasp in Italy causes significant yield loss in *Castanea sativa* nut production. *Agric For Entomol*. 16(1):75–79. doi:10.1111/afe.12036.
- Bernardo, U., Iodice, L., Sasso, R., Valerio A. T., Pasquale, C. & Emilio, G., 2013. Biology and monitoring of *Dryocosmus kuriphilus* on *Castanea sativa* in Southern Italy. *Agricultural and Forest Entomology*.15,65–76.
- Bonal, R., Vargas-Osuna, E., Mena, J.D., 2018. Looking for variable molecular markers in the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*: first comparison across genes. *Sci Rep* 8, 5631. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23754-z>
- Borowiec, N., Thaon, M., Brancaccio, L., Warot, S., Vercken, E., Fauvergue, X., Ris N., Malausa, J.C., 2014. Classical biological control against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in France. *Plant Protection Quarterly*, vol. 29, n. 1, p. 7-10.
- Brussino G., Baudino M., Giordano R., Ramello F., Melika G., 2002. Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo. *L'Informatore Agrario*, 58 (37): 59-62
- CABI, Centre for Agriculture and Biosciences International, 2015. Invasive Species Compendium CABI Datasheets *Dryocosmus kuriphilus*. URL: <http://www.cabiorg/isc/datasheet/20005> (último acesso em 11 jun. 2020).
- Capelo, J. Catry, F., 2007. *Arvores e florestas de Portugal Nº05. Do castanheiro ao teixo. As outras espécies florestais*. Publico, comunicação SA, Fundação Luso-americana para o desenvolvimento. Lisboa: 79-86.
- Cardoso, J; Almeida, MT; Bento, A. 2020. Biological control of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu with the parasitoid *Torymus sinensis* Kamijo. *Millenium*, 2(14), 91-99.
- Colombari, F., Ipekdal, K., 2016. Classical biological control of the Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*).
- Cooper WR, Rieske LK., 2007. Community associates of an exotic gallmaker, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), in eastern North America. *Annals of the Entomological Society of America* 100: 236–244.
- Cooper WR, Rieske LK., 2011. A native and an introduced parasitoid utilize an exotic gallmaker host. *BioControl* 56: 725–734.
- Cortizo, E., Madriñán, M. L., & Madriñán, F., 1999. *O castiñeiro : Biología e Patología*. (C. da C. Galega, Ed.) (p. 282). Santiago de Compostela: 1087-2000.
- DGAV- Direção Geral de Alimentação e Veterinária, 2017. Plano de ação nacional para controlo do inseto *Dryocosmus Kuriphilus* Yasumatsu (Vespa das galhas do castanheiro. DGAV. Lisboa. 26p.
- DGAV- Direção Geral de Alimentação e Veterinária, 2020. Plano de ação nacional para controlo do inseto *Dryocosmus Kuriphilus* Yasumatsu (Vespa das galhas do castanheiro relatório de progresso Nº3). DGAV. Lisboa. 30p.

- Dini F, Sartor C, Botta R., 2012. Detection of a hypersensitive reaction in the chestnut hybrid 'Bouche de Bétizac' infested by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. *Plant Physiology and Biochemistry* 60: 67-73.
- DRAP-Norte, 2020. Vespa das galhas do castanheiro (*Dryocosmus kuriphilus*) Luta biológica Largadas de *Torymus sinensis*. Ministério da Agricultura DRAP-Norte/ Divisão de Apoio ao Setor Agroalimentar.
- EFSA, European Food Safety Authority, 2010. Risk assessment of the oriental chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* for the EU territory and identification and evaluation of risk management options: Risk assessment of *Dryocosmus kuriphilus*. *EFSA Journal* 8: 1619.
- EPPO, Colombari F., Governatori, G., 2015, Evaluation and Regulation of the use of Biological Control Agents in the EPPO Region, Workshop Budapest, 2015-11-23/24.
- EPPO, European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2005. "*Dryocosmus kuriphilus*." EPPO Bulletin 35: 422–424.
- EPPO, 2020. Organização Europeia e Mediterrânica de Proteção de Plantas. Global Database. *Torymus sinensis* (TORYSI). <https://gd.eppo.int/taxon/DRYCKU> (último acesso em 10 de março de 2020) e <https://gd.eppo.int/taxon/TORYSI> (último acesso em 11 de março de 2020).
- FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. 2019. FAOSTAT. <http://www.faostat.fao.org> (último acesso em 14 de fevereiro de 2020)
- Ferracini C, Gonella E, Ferrari E, Saladini MA, Picciau L, Tota F, Pontini M, Alma A., 2015. Novel insight in the life cycle of *Torymus sinensis*, biocontrol agent of the chestnut gall wasp. *BioControl* 60: 169-177.
- Fineschi, S., Turchini, D., Villani, F., Vendramin, G., 2000. Chloroplast DNA polymorphism reveals little geographical structure in *Castanea sativa* Mill. (Fagaceae) throughout southern European countries. *Molecular Ecology*, volume 9, issue 10. October 2010. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.2000.01029.x>
- Francati, S., Alma, A., Ferracini, C., Pollini, A., & Dindo, M. (2015). Indigenous parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* in a chestnut production area of Emilia Romagna (Italy). *Bulletin of Insectology* 68. 127-134.
- Germinara GS, Cristofaro AD, Rotundo G., 2011. Chemical cues for host location by the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus*. *Journal of Chemical Ecology* 37: 49-56.
- Gibbs, Melanie & Schonrogge, Karsten & Alma, Alberto & Melika, George & Quacchia, Ambra & Stone, Graham & Aebi, Alex. (2011). *Torymus sinensis*: A viable management option for the biological control of *Dryocosmus kuriphilus* in Europe?. *BioControl*. 56. 527-538. 10.1007/s10526-011-9364-8.
- Gomes-Laranjo, J., Cardoso J.F., Portela, E. e Abreu, C.G., 2007. Castanheiros. Contributo para a difusão do conhecimento das cultivares portuguesas de castanheiro. Programa Agro 499. Vila Real.
- INE, 2019. Instituto Nacional de Estatística, Estatísticas Agrícolas de 2014 a 2018 (último acesso em 20 de novembro de 2019).
- Lopes, N., 2018. *A vespa das galhas dos castanheiros – relação com parâmetros ambientais*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 51 pp.
- Loreto, M; Patrício, MS. (s/data). Conservação, regeneração e exploração do castanheiro. IPB [https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/3640/1/vol\\_V\\_capitulo%204.pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/3640/1/vol_V_capitulo%204.pdf) (acedido em 4 de dezembro de 2019).
- Marsh, P. M. (1993). *Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families*. (H. Goulet & J. T. Huber, Eds.), *American Entomologist*, 40(2), 521–535. <https://doi.org/10.1093/ae/40.2.115>
- Matosevic D., Quachia A., Kriston, É., Melika, G., 2014. Biological Control of the Invasive *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) - an Overview and the First Trials in Croatia. *South-east Eur for 5* (1): 3-12. DOI: <https://doi.org/10.15177/seefor.14-05>
- Moriya, Seiichi & Shiga, Masakazu & Adachi, Ishizue, 2003. Classical biological control of the chestnut gall wasp in Japan. *Proceedings of the 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods*.

- Monteiro, M. L.; Patrício, M. S. (2007). Conservação, regeneração e exploração do castanheiro. In Silva, Joaquim Sande (ed.). *Do castanheiro ao teixo: as outras espécies florestais Lisboa*: Público, Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento. p. 51-78.
- Murakimi, Y., Ohkubo, N., Moriya, S., Gyoutoku, Y., Kim, H.C. & Kim, K.J. (1995). Parasitoids of *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in south Korea with particular reference to ecologically diferente types of *Torymus* (synonym *sinensis*) (Hymenoptera: Torymidae). *Applied Entomology and Zoology*, vol. 30, nº2, p. 277-284. <https://doi.org/10.1303/aez.30.277>
- Paparella, F., Ferracini, C., Portaluri, A., Manzo, A. & Alma, A., 2016. Biological control of the Chestnut gall wasp with *T. sinensis*: a mathematical model. *Ecological Modelling* 338, 17-36.
- Perez, T. & López, J. F., 2015. Medidas contra a avessa chinesa do castiñeiro (*Dryocosmus kuriphilus*). Xunta de Galicia. 23 pp.
- Preza, F., Naves, P., Bonifácio, L., & Sousa, E. 2017. Avaliação do papel dos parasitoides autóctones no controlo de *D. kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), INIAV. Oeiras.
- Quacchia, A., Moriya S., Bosio G., Scapin I. & Alma A., 2008. Rearing, release and the prospect of establishment of *Torymus sinensis*, biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*, in Italy. *Biocontrol* 53: 829-839.
- Quacchia, A., Ferracini C., Nicholls J.A., Piazza E., Saladini M.A., Tota F., Melika G. & Alma A., 2012. Chalcid parasitoid community associated with the invading pest *Dryocosmus kuriphilus* in north-western Italy. *Insect Conserv. Diver.* 6: 114-123.
- Quacchia, A., Moriya, S., Askew, R., & Schönrogge, K. 2014. *Torymus sinensis*: Biology, host range and hybridization. *Acta Horticulturae*, 1043 (May 2015), 105–111. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1043.13>
- Santos, A. L., Santos, S. A. P., Almeida, J., & Bento, A. 2018. Parasitoides autóctones associados a *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu: principais espécies e taxas de parasitismo. *Revista de Ciências Agrárias*, 41, 191–200. <https://doi.org/10.19084/RCA.17082>
- Santos, A., Pereira, J. A., Santos, S. A. P., Quacchia, A., & Bento, A. 2017. Biological control based on native parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in invaded countries. *Natural Enemies*, p. 1–23.
- Silva, A., 2007 (coord.). *Castanha. Um fruto saudável*. Projecto AGRO 939, 178p.
- Soares, M.F.M., 2008. Contribuição para o desenvolvimento de um programa de proteção contra o bichado-da-castanha, *Cydia splendana* (HÜBNER). Dissertação de Mestrado em Agricultura Biológica. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Stone, G. N., Schonrogge, K., Atkinson, R. J., Bellido, D., Pujade-Villar, J., 2002. The population biology of oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae).- *Annual Review of Entomology*, 47: 633-668.
- Tapetado, G., Diego & Gómez, Jose & Cabrero-Sañudo, Francisco & Nieves-Aldrey, Jose-Luis, 2018. Distribution and dispersal of the invasive Asian chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), across the heterogeneous landscape of the Iberian Peninsula. *European Journal of Entomology*. 115. 575-586. [10.14411/eje.2018.055](https://doi.org/10.14411/eje.2018.055).
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insect. (Brooks/Cole, Ed.) (7th ed.), 481—557.
- Vázquez, J.P.M., Otero, R.P., Varela, C.P., Corral, C.S., Vázquez, C.I., 2000. Plagas y enfermedades del castaño en Galicia. Xunta de Galicia. Consellería de Agricultura, Ganadería e Política Agro-alimentaria, 93 pp.
- Viggiani, G. and Nugnes, F., 2010. Description of the larval stages of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), with notes on their phenology. *Journal of Entomological and Acarological Research*. 42, 1 (Apr. 2010), 39-45. DOI: <https://doi.org/10.4081/jear.2010.39>.
- Yara K., 2014. Interaction between *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) and *T. beneficus*, introduced and indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae). *Japan Agricultural Research Quarterly* 48: 35-40.



## **6. Anexos**

## Anexo 1 - Georreferenciação dos cinco souts, com recurso à aplicação “google maps”

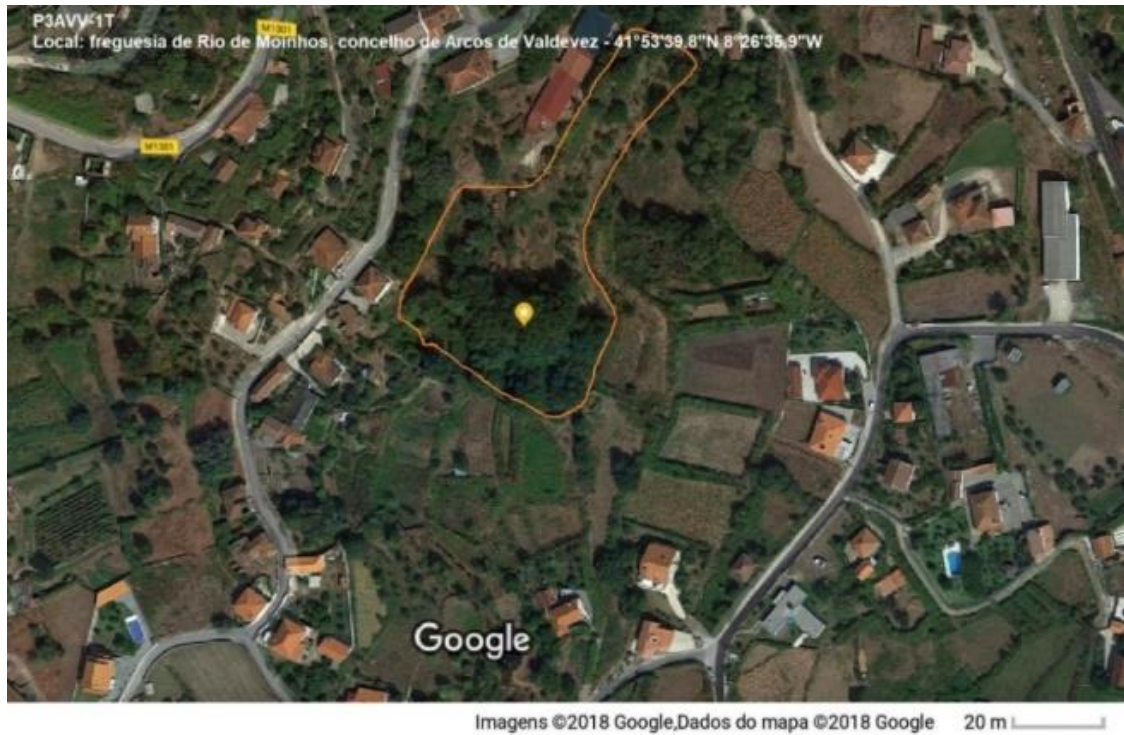
### 1.1 - Souto situado em Rio Cabrão, Arcos de Valdevez (P1AVV-2T)



### 1.2 - Souto situado em Távora Santa Maria, Arcos de Valdevez (P2AVV-2T)



1.3 - Souto situado em Rio de Moinhos, Arcos de Valdevez (P3AVV-1T)



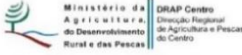
1.4 - Souto situado em Salvador, Arcos de Valdevez (P4AVV-NT)





















### 1.5 - Souto situado em Gondufe, Ponte de Lima (P5PTL-2T)



## Anexo 2 - Estados Fenológicos do castanheiro


**Estados fenológicos do castanheiro**

Catarina de Sousa  
 catarina@drapc.min-agricultura.pt

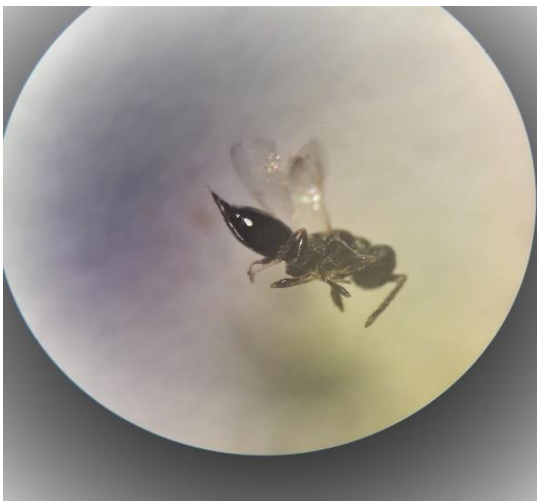
<p>Dormência dos gomos (A)</p> 	<p>Tumescência dos gomos (B)</p> 	<p>Abrolhamento dos gomos (C1)</p> 	<p>Queda das escamas protectoras (C3)</p> 
<p>Aparecimento das nervuras e desenvolvimento das folhas (D)</p> 	<p><b>Floração masculina</b></p>		<p>Glomérulos ♂ bem individualizados (Em)</p> 
<p>Aparecimento dos estames nos estaminados (Fm)</p> 	<p>Plena floração masculina (Fm2)</p> 	<p>Final da emissão do pólen – anteras acastanhadas (Gm)</p> 	<p><b>Floração feminina</b></p> <p>Aparecimento dos amentilhos androgínicos (Dm)</p> 
<p>Glomérulos ♂ bem individualizados (Ea)</p> 	<p>Flores ♀ bem diferenciadas (Ef)</p> 	<p>Aparecimento dos estigmas na flor central (Ff)</p> 	<p>Estigmas bem desenvolvidos – plena floração ♀ (Ff2)</p> 
<p>Inchamento (I)</p> 	<p><b>Nos amentilhos androgínicos</b></p>		<p>Anteras vazias e acastanhadas (Ga)</p> 
<p>Aparecimento dos estames (Fa)</p> 	<p>Emissão de pólen (Fa2)</p> 		

Fonte: [https://www.drapc.gov.pt/base/documentos/estados\\_%20fenologicos\\_castanheiro.pdf](https://www.drapc.gov.pt/base/documentos/estados_%20fenologicos_castanheiro.pdf) (acesso em 13/06/2020)

**Anexo 3** – Parasitoides nativos de *Dryocosmus kuriphilus*



*Eupelmus uruzonus* (esq.) *Eupelmus azureos* (dir.), família Eupelmidae



*Eurytoma brunniventris* (esq.), *Eurytoma pistaciae* (dir.), família Eurytomidae



*Sycophila iracemae* (esq.) e *Sycophila variegata* (dir.), família Eurytomidae



*Sycophila biguttata*, família Eutytomidae    *Ormyrus pomaceus*, família Ormyridae



*Mesopolobus sp.*, família Pteromalidae



*Torymus flavipes* (esq.), *Megastigmus dorsalis* (dir.), família Torymidae