



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Departamento de Biologia

**Aspectos morfológicos dos insetos e sua
importância na polinização**

Sandro Melo Cerqueira

Orientador: Anabela Belo

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação

Évora, 2015



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Departamento de Biologia

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**Aspetos morfológicos dos insetos e sua
importância na polinização**

Sandro Melo Cerqueira

Orientador: Anabela Belo

Mestrado em Biologia da Conservação
Dissertação

Évora, 2015

“O que torna as coisas desconcertantes é o seu grau de complexidade, não a sua dimensão; uma estrela é mais simples do que um inseto” - Martin Rees, 1999.

In “Evolution of Insects”, David Grimaldi and Michael S. Engel, Cambridge University Press

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer á Associação “A Rocha” pela disponibilidade em fornecer os meios logísticos e técnicos necessários para a execução deste trabalho, em especial á Prof. Paula Banza pela sua ajuda e disponibilidade, por me ter passado o seu conhecimento e me ter acompanhado ao longo de todo o trabalho. Obrigado Jens D’Haeseleer pela ajuda na identificação dos insetos e Dr^a Renata Medeiros pela ajuda na parte estatística.

Quero agradecer á Prof. Anabelo Belo pela sua orientação, apoio e comentários.

E por fim, aos meus pais e ao meu irmão, por todo o apoio financeiro e incentivo dado.

A todas as pessoas que de algum modo contribuíram para que fosse possível a realização desta dissertação, muito obrigado.

Índice

A. Índice de Tabelas -----	6
B. Índice de Figuras-----	7
C. Resumo-----	9
D. Abstract -----	10
1. Introdução-----	11
2. Materiais e métodos-----	16
2.1 Área de estudo-----	16
2.2 Amostragem da vegetação e dos insectos-----	18
2.2.1. Protocolo de amostragem-----	18
2.2.2. Protocolo de laboratório-----	21
3. Resultados-----	23
3.1 Insetos-----	23
3.2 Plantas-----	24
3.3 Análise estatística dos parâmetros morfométricos dos insetos e a carga de pólen-----	30
4. Discussão-----	36
5. Conclusão-----	39
6. Bibliografia -----	40
Anexo 1 – Insetos capturados nos transectos diurnos-----	47
Anexo 2 – Insetos capturados nas armadilhas noturnas-----	49
Anexo 3 – Lista dos insetos vetores de pólen-----	51

A. Índice de Tabelas

Tabela 1 – Cobertura média da vegetação total para cada local e data de amostragem.

Tabela 2 - Lista completa das espécies de plantas em flor identificadas nos locais de estudo e na proximidade.

Tabela 3 - Coeficientes paramétricos do modelo GAM que inclui o Comprimento.

Tabela 4 - Coeficientes paramétricos do modelo GAM que inclui a Proboscide.

B. Índice de Figuras

Figura 1 – Localização da área de estudo e das parcelas seleccionadas (assinaladas no mapa – F1, F2, F3, NF1, NF2, NF3).

Figura 2 – Vista geral da área de estudo.

Figura 3 – Vento e temperatura média para os dias de amostragem.

Figura 4 – Condições meteorológicas de vento e temperatura (N - Noite; M - Manhã) verificadas nas noites de armadilhagem noturna e manhãs subsequentes.

Figura 5 – Amostragem da vegetação com quadrados.

Figura 6 – Armadilha para captura de traças (A) e recolha das traças (B).

Figura 7 – *Apis mellifera* alimentando-se de néctar numa planta de *Lavandula sp.* (A), rede de captura (B) e frasco de morte (C).

Figura 8 – Corte de pequeno círculo de corante fucsina gel (A), recolha de pólen de cada inseto (B) e preparações microscópicas (C).

Figura 9 – Traça *Mythimna sicula* (Treitschke, 1835) (Lepidoptera: Noctuidae) (A) e medição da envergadura das asas da traça *Trichiura ilicis* (Rambur, 1866) (Lepidoptera: Lasiocampidae) (B).

Figura 10 – Espécies em floração no mês de dezembro por ordem decrescente de cobertura.

Figura 11 - Espécies de plantas em floração no mês de janeiro por ordem decrescente de cobertura.

Figura 12 - Espécies de plantas em floração no mês de fevereiro por ordem decrescente de cobertura.

Figura 13 - Espécies de plantas em floração no mês de março por ordem decrescente de cobertura.

Figura 14 - Espécies de plantas em floração no mês de maio por ordem decrescente de cobertura.

Figura 15. Gráficos de diagnóstico para o modelo GAM proposto.

Figura 16 - Resultados do modelo obtido para o número de grãos de pólen transportados em função do comprimento do corpo dos indivíduos das espécies *Apis mellifera* (A), erros padrão: 60,9 (Dez), 53,2 (Jan), 52,7 (Fev), 24,2 (Mar) e 42,2 (Mai) e *Oxythyrea funesta* (B), erros padrão: 41,1 (Dez), 36,8 (Jan), 35,3 (Fev), 14,7 (Mar) e 29,6 (Mai).

Figura 17 - Resultados do modelo obtido para o número de grãos de pólen transportados em função do comprimento do corpo dos indivíduos da família Tenebrionidae MT1 (A), erros padrão: 23,9 (Dez), 19,0 (Jan), 21,4 (Fev), 10,6 (Mar) e 17,8 (Mai).eda espécie *Acrobasis obliqua* (B), erros padrão: 5,53 (Dez), 5,14 (Jan), 4,79 (Fev), 2,1 (Mar) e 3,61 (Mai).

Figura 18 - Resultados do modelo obtido para o número de grãos de pólen transportados em função da envergadura das asas dos indivíduos da espécie: *Apis mellifera* (A), erros padrão: 173,5 (Dez), 158,8 (Jan), 154,3 (Fev), 76,8 (Mar) e 120,5 (Mai) e *Oxythyrea funesta* (B), erros padrão: 85,2 (Dez), 80,3 (Jan), 74,5 (Fev), 33 (Mar) e 61,2 (Mai).

Figura 19 - Resultados do modelo obtido para o número de grãos de pólen transportados em função da envergadura das asas dos indivíduos da família e espécie respetivamente: Tenebrionidae MT1 (A), erros padrão: 62,3 (Dez), 61,8 (Jan), 55 (Fev), 25,3 (Mar) e 31,9 (Mai) e *Acrobasis obliqua* (B), erros padrão: 12,2 (Dez), 11 (Jan), 11 (Fev), 5,4 (Mar) e 8,8 (Mai).

Figura 20 – Relação entre o efeito do comprimento do corpo e da probóscide para os Lepidópteros.

Figura 21 - Efeito do tamanho da probóscide em *Acrobasis obliqua* (A) e *Rhoptria asperaria* (B).

C. Resumo

Aspectos morfológicos dos insetos e sua importância na polinização

A maioria das plantas com flor é visitada por grande diversidade de insetos com diferentes formas e tamanhos, que acumulam grãos de pólen nos seus corpos.

Neste trabalho analisou-se a relação entre os parâmetros morfométricos dos insetos visitantes florais (comprimento do corpo, envergadura das asas e comprimento da probóscide no caso dos lepidópteros) e número de grãos de pólen transportados.

Verificou-se um efeito linear positivo relativamente ao comprimento do corpo dos insetos, ou seja, quanto maior o comprimento do corpo, maior o número de grãos de pólen transportados; também se verificou um efeito de alisamento negativo relativamente à envergadura, isto é, número de grãos de pólen transportados parece diminuir com o aumento da envergadura das asas.

No caso dos lepidópteros, há uma correlação muito forte entre o comprimento da probóscide e comprimento do corpo, sugerindo que o efeito significativo do comprimento seja um *proxy* para a probóscide e não um efeito do comprimento.

Palavras-chave: insetos, grãos de pólen, comprimento do corpo, probóscide, envergadura das asas.

D. Abstract

Morphological aspects of insects and their importance in pollination

Most flowering plants are visited by a great number of insects with different shapes and sizes, which accumulate pollen grains on their bodies.

In this study we analyzed the relationship between the morphometric parameters of the flower visiting insects (body length, wing span, and the length of the proboscis in the case of Lepidoptera) and number of pollen grains carried.

There was a positive linear effect regarding the body length of the insects, that is, the greater the body length, the higher number of pollen grains carried; it was also observed a negative smoothing effect regarding the wingspan, i.e. the number of pollen grains carried appears to decrease with increased wingspan.

In the case of lepidoptera, there is a strong correlation between body length and proboscis, suggesting that this significant effect is a *proxy* for the proboscis rather than an actual effect of body length.

Keywords: insects, pollen grains, body length, proboscis, wing span.

1. Introdução

Os insetos são animais invertebrados que pertencem ao Filo Arthropoda, Classe Insecta (Brown, 2001). Segundo registos fósseis, os insetos surgiram na Terra há cerca de 400 milhões de anos, o que faz com que estejam entre os primeiros animais terrestres (Grimaldi & Engel, 2005). Desde então, evoluíram e adaptaram-se tão bem, que hoje em dia podem ser encontrados em praticamente todos os habitats terrestres (Triplehorn & Johnson, 2004) e superam em número e diversidade todos os outros animais (Triplehorn & Johnson, 2004). Existem cerca de um milhão de espécies já descritas, e estima-se que hajam ainda entre dois milhões e meio e 10 milhões por descrever e alguns autores acreditam que o número total de espécies de insetos possa chegar aos 30 milhões (Triplehorn & Johnson, 2004; Grimaldi & Engel, 2005).

Em termos de biomassa e suas interacções com outros organismos, os insetos são o grupo mais importante de animais terrestres (Grimaldi & Engel, 2005). A natureza exata do relacionamento entre uma espécie de inseto e outro organismo, seja com base na alimentação ou outro recurso vital, define o seu papel ou nicho ecológico (Triplehorn & Johnson, 2004). Uma das relações ecológicas mais essenciais para a natureza e para a sociedade é a que ocorre entre os insetos e as plantas angiospérmicas e da qual resulta a polinização (Triplehorn & Johnson, 2004; Losey & Vaughan, 2006; Meyer, 2007). Estas plantas são produtores dominantes em muitos ecossistemas terrestres, contudo o seu sucesso reprodutivo depende da atuação dos insetos como vetores de pólen, já que cerca de 85% das 250 mil espécies de angiospérmicas são polinizadas por insetos (Nabhan & Buchmann, 1997; Inouye, 2001; Grimaldi & Engel, 2005). Estas relações são o suporte de muitos ecossistemas terrestres, uma vez que ocorrem na base da cadeia alimentar e, como tal, do sucesso dessa relação depende parte da produção vegetal, que por sua vez mantém direta ou indiretamente todas as outras espécies de seres vivos (Simms, 2001; Favato & Andrian, 2009; Jacobs et al, 2009). Alguns estudos mostram a importância da polinização por insetos: na produção e qualidade de frutos e sementes, que são utilizados diariamente na alimentação humana (Garratt et al, 2014) e na alimentação de outros animais (Jacobs et al, 2009); na contribuição para o crescimento económico local (Vaissiére et al, 2010; Partap, 2012) e para a saúde humana (Duara & Kalita, 2013). A atuação dos polinizadores é um dos exemplos de serviços do

ecossistema mais simples para demonstrar a importância e o valor da conservação da diversidade biológica (Alves dos Santos, 2010).

Esta interação planta-inseto configura um relacionamento mutualista em que ambos os organismos saem beneficiados (Simms, 2001; Bronstein et al, 2006). A planta é fecundada com maior eficiência por pólen adequado e os insetos polinizadores recebem uma recompensa nutricional ou outra (Inouye, 2001). Estas interações mutualistas variam ao longo do tempo e do espaço em seus principais componentes: espécies envolvidas, força e resultado da interação (Bronstein, 1994; Waser et al, 1996; Boberg et al, 2013). Como resultado desta reciprocidade, nas plantas evoluíram características florais que mostram ser muito importantes para atrair os insetos polinizadores e permitir o sucesso da polinização, como o tamanho da flor (Stout, 2000; Glaettli & Barrett, 2008), a disposição das pétalas e sépalas (Fukuda et al, 2001; Gómez et al, 2008), a posição das anteras e dos estigmas (Simon-Porcar et al, 2013), cores, fragrâncias, recompensas nutricionais (néctar, pólen, óleos), guias de néctar (Herrera, 1996; Tepedino et al, 1999) e posição e tamanho dos tubos florais que contêm néctar (Nilsson, 1988; Wittal & Hedges, 2007; Boberg & Agren, 2009). Evoluíram ainda mecanismos para evitar a auto-fecundação, por exemplo, sistemas auto-incompatíveis, dicogamia e variabilidade heterostílica (Santos-Gally et al, 2012). Por outro lado, nos insetos evoluíram características morfológicas que aumentam a sua capacidade de extrair recompensas nutricionais, como aparelhos bucais adaptados (Nilsson, 1998; Krenn et al, 2005). Os exemplos mais estudados são as probóscides de abelhas (Harder, 1983; Alves-dos-Santos & Wittmann, 1999) e, sobretudo, de borboletas e traças (Krenn, 1998; Corbet, 2000) que têm sido investigadas do ponto de vista morfológico, funcional e evolutivo (Krenn, 2010). Em muitas espécies de abelhas evoluíram características estruturais que permitem recolher, manusear e transportar grãos de pólen e óleos, como os pêlos encurvados especializados e patas modificadas (Thorp, 1979; Michener, 2007). Para além destas adaptações estruturais, nos insetos evoluíram também, associadas com a sua forma de alimentação, adaptações fisiológicas que incluem a sincronização sazonal e diária, sentido de tempo, termorregulação, sentidos visuais, químicos e tácteis e adaptações comportamentais que incluem padrões de voo interflorais, especificidade e forrageamento direcional (Thorp, 1979). Certas interações são relativamente especializadas, mas a maioria é amplamente generalizada (Waser et al, 1996; Bronstein et al, 2006). A especialização parece envolver adaptações mais complexas e

dependência mútua. Exemplos de interações muito específicas, como é o caso da que existe entre as vespas-do-figo (fêmeas da família Agaonidae) e a figueira (*Ficus L.*) (Cook & Rasplus, 2003) ou entre a traça *Xanthopan morgani praedicta* Rothschild & Jordan, 1903 e a orquídea *Angraecum sesquipedale* Thouars (Nilsson, 1998) são comumente apontados como exemplos de coevolução (Thompson, 1994; Cook & Rasplus, 2003; Frankie & Thorp, 2003).

A maioria das espécies de plantas angiospérmicas é visitada por grande diversidade de espécies de insetos que podem contribuir de forma diferente para o sucesso da polinização (Herrera, 1987; Adler & Irwin, 2006; Tepedino et al, 2011). A importância de cada polinizador pode ser avaliada através da frequência da visita e eficiência na remoção, transporte e deposição de grãos de pólen nas flores (Kandori, 2002; Tepedino et al, 2011). As ordens de insetos diurnos que polinizam as flores mais regularmente são Coleoptera (escaravelhos), Hymenoptera (abelhas, vespas e formigas), Diptera (moscas) e Lepidoptera (borboletas) (Herrera, 1987; Nabhan & Buchmann, 1997; Frankie & Thorp, 2003). Os lepidópteros noturnos (traças) são dos mais comuns polinizadores noturnos (Banza, 2011). O sucesso da polinização depende em grande parte da eficiência dos polinizadores na remoção de grãos de pólen das anteras, transporte e deposição no estigma recetivo (Inouye et al, 1994). Esta eficiência pode ser afetada por três factores: a morfologia dos polinizadores, a morfologia das flores e o comportamento dos polinizadores (Thomson, 1986; Stout, 2000; Young et al, 2007; Dohzono et al, 2011). A relação entre a morfologia dos polinizadores e as características florais é particularmente determinante para o processo da polinização (Nilsson, 1998; Fukuda et al, 2001; Boberg & Agren, 2009).

Os insetos polinizadores apresentam grande diversidade de tamanho: o tamanho do corpo pode variar entre as diferentes espécies, dentro da mesma espécie e mesmo entre indivíduos pertencentes à mesma colónia (Triplehorn & Johnson, 2004).

Variações na morfologia dos insetos podem influenciar a sua eficácia como polinizadores o que, por sua vez, pode desempenhar um papel fundamental para o sucesso reprodutivo das plantas angiospérmicas. O tamanho do corpo e a envergadura das asas afetam a capacidade de carga, ou seja, a quantidade de grãos de pólen que conseguem transportar, afetam a velocidade e capacidade de dispersão e o tempo de visita na flor, influenciando o comportamento de forrageamento (Harder 1988; Vivarelli et al, 2011; Everaars, 2012). Por exemplo, abelhas de pequeno porte e com pequena

envergadura de asas, tendem a voar curtas distâncias, e por isso, aumentam o número de movimentos no interior da corola das flores induzindo desperdício de pólen o que, juntamente com movimentos limitados para outras flores, leva à redução da aptidão das anteras pois reduz o pólen disponível para polinizadores mais eficientes (Stout, 2000; Vivarelli et al, 2011; Everaars, 2012).

Variações no comprimento da probóscide podem afetar a capacidade de extrair néctar e a eficiência na remoção de pólen, influenciando a seletividade floral e o desempenho dos insetos como polinizadores. Por exemplo, insetos com probóscide curta não podem alcançar o néctar que se encontra na base de tubos florais longos e, como tal, a sua visita está confinada aos tubos florais que apresentem um bom ajuste morfológico ao comprimento e largura da probóscide, por outro lado, insetos com probóscide longa conseguem alcançar o néctar mesmo de flores com tubos florais curtos mas podem não contactar com as anteras e, por isso, não remover pólen (Corbet, 2000; Stang et al, 2006; Whitall & Hodges, 2007).

A importância do polinizador no processo da polinização pode ser avaliado usando medidas quantitativas e qualitativas (Kandori, 2002; Tepedino et al, 2011; Zych et al, 2013). As medidas quantitativas incluem a abundância do polinizador ou a frequência da visita. As medidas qualitativas são representadas pela eficiência do polinizador e incluem a análise da carga de pólen, a quantidade de pólen que é removido e depositado após uma única visita e a estimativa da produção de sementes após uma única visita (Kandori, 2002; Tepedino et al, 2011).

Estudos que avaliaram a performance dos polinizadores no processo da polinização sugerem que os polinizadores de maior porte são os polinizadores mais eficientes (Kandori, 2002; Adler & Irwin, 2006; Sahli & Conner, 2007; Young et al, 2007; Nienhuis & Stout, 2009; Vivarelli et al, 2011; Tepedino et al, 2011; Zych et al, 2013). E parece evidente que os polinizadores de maior porte são também aqueles que transportam maior quantidade de grãos de pólen no corpo (Tepedino et al, 1999; Kandori, 2002; Nienhuis & Stout, 2009; Howlett et al, 2011; Tepedino et al, 2011; Everaars, 2012). Contudo, alguns estudos sugerem que a análise da carga de pólen por si só, pode não ser uma boa estimativa da eficiência do polinizador na deposição de pólen, porque nem sempre os insetos que carregam maior carga de pólen nos corpos são os que depositam mais pólen nos estigmas das flores, sendo preciso ter em conta o impacto do comportamento em algumas espécies (Adler & Irwin, 2006; Young et al,

2007; Zych et al, 2013). Um exemplo é o comportamento alimentar das abelhas melíferas que, embora removam grandes quantidades de pólen das anteras, usam-no como alimento, transportando-o nas corbículas para as larvas que estão nas colónias e, por isso, esse pólen não pode ser contabilizado para polinização, tanto mais que estas estruturas de transporte não contactam com os estigmas (Tepedino et al, 1999; Thorp, 2000; Michener, 2007). Por outro lado, os abelhões, que se alimentam de néctar, podem remover menos pólen que as abelhas, mas ainda assim depositar grandes quantidades nos estigmas (Young et al, 2007). Também o comportamento de auto-limpeza (ou “grooming”) das abelhas durante o voo entre as flores em que removem grandes quantidades de grãos de pólen do seu corpo com as patas dianteiras, faz com que exista menos pólen presente no corpo (Thomson, 1986; Nienhuis & Stout, 2009). Apesar disso, num estudo recente (Howlett et al, 2011) é afirmado que o tamanho do corpo da abelha está positivamente correlacionado com a capacidade de transferência de pólen. A quantificação dos grãos de pólen dos corpos dos insetos que visitam flores pode ser usada para prever o pólen depositado nos estigmas, pois parece existir uma forte correlação entre os números de grãos de pólen contados para cada espécie de inseto estudada (4 espécies de abelhas e 6 espécies de moscas) e os grãos de pólen depositados nos estigmas por essas mesmas espécies (Rader et al, 2009). Como tal, a quantificação de grãos de pólen diretamente de insetos visitantes florais mostra potencial como uma técnica mais rápida e fácil para avaliar a eficácia dos polinizadores, pois os insetos podem ser coletados diretamente das flores (Howlett et al, 2011).

A maioria dos estudos que mostram que os polinizadores maiores transportam maiores quantidades de grãos de pólen no corpo centram-se em espécies de abelhas, e poucos são os estudos que têm investigado a relação entre a carga de pólen e o tamanho do corpo para diferentes grupos de insetos visitantes florais (Tepedino et al, 2011) pelo que alguns autores consideram ser necessários mais estudos (Everaars, 2012). O número de grãos de pólen transportado por uma espécie de inseto pode ainda ser variável com a espécie polinizada porque os grãos de pólen produzidos pelas diferentes espécies de plantas também podem variar em número e tamanho (Harder, 1998; O'Neill & O'Neill, 2011; Everaars, 2012). O objetivo principal deste trabalho é verificar se para as diferentes espécies de insetos visitantes florais amostrados existe relação entre os parâmetros morfométricos avaliados (comprimento do corpo, envergadura das asas e comprimento da probóscide) e a quantidade de pólen que transportam. O estudo da

relação da morfologia de insetos visitantes florais com a carga de pólen que transportam é um primeiro passo no sentido de determinar quais as espécies de insetos que apresentam maior importância como polinizadores para determinada comunidade ecológica. Este estudo também pode mostrar-se relevante para compreender melhor os padrões de interação entre os insetos e as plantas que estes visitam ao nível da comunidade, ou seja, contribuir para o conhecimento do serviço de polinização realizada por insetos, a fim de gerenciar e proteger os serviços que prestam. Esta informação pode ser utilizada para conhecer melhor quais as espécies de insetos envolvidas no processo da polinização, a influência da morfologia do inseto no transporte de pólen e a sua importância para o sucesso da polinização.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

A área de estudo situa-se nos arredores do município de São Brás de Alportel, na parte oriental do Algarve conhecida como Sotavento (Fig. 1).

Cerca de dois terços do concelho de S. Brás (centro e norte) fazem parte da Serra do Caldeirão, com uma altura máxima de 575 metros e encostas muito íngremes formadas principalmente por argila e arenitos (grauvaques); no sul do concelho, no barrocal, a terra torna-se plana a ondulada, com declives muito menos íngremes (PMDFCI, 2008). As montanhas são cobertas por matos com esteva (*Cistus ladanifer*), urzes (*Erica spp.* e *Calluna vulgaris*), medronheiro (*Arbutus unedo*) e sobreiro (*Quercus suber*) juntamente com algumas manchas de pinheiro (*Pinus spp.*) e alfarrobeiras (*Ceratonia siliqua*).

Como é o caso em quase todas as montanhas do Algarve, a floresta é dominada pelo sobreiro, e em segundo lugar por alfarrobeira, uma espécie típica do Barrocal. O sobreiro ocupa 3.873 ha, cerca de 25,3% da área geográfica. As condições ambientais particulares da Serra do Caldeirão possibilitam a produção de cortiça de elevada qualidade, considerada como uma das melhores do mundo (PMDFCI, 2008).

S. Brás faz parte da rede Natura 2000, com duas Zonas Especiais de Conservação (ZEC) – o Sítio do Caldeirão (7.288 ha do qual pertencem à área do concelho) e o Sítio do Barrocal (550 ha do qual pertencem à área do concelho) (PMDFCI, 2008).

Foi nestes habitats com elevado valor de conservação que se selecionaram as seis parcelas do estudo atendendo ainda à existência de boas acessibilidades e à manutenção de pelo menos 300 metros de distância umas das outras para garantir a independência da amostragem (Fig. 2). A seleção das parcelas foi feita atendendo aos objetivos de um outro estudo que pretende comparar o efeito do fogo nas comunidades presentes nestes habitats, através de redes de polinização.



Figura 1 – Localização da área de estudo e das parcelas selecionadas (assinaladas no mapa – F1, F2, F3, NF1, NF2, NF3).



Figura 2 – Vista geral de uma das parcelas da área de estudo.

2.2. Amostragem da vegetação e dos insetos

2.2.1. Protocolos de amostragem

Cada parcela foi visitada mensalmente para montagem de armadilhas para polinizadores noturnos e realização de transectos para polinizadores diurnos. A amostragem da vegetação foi também realizada durante cada visita. Foram ainda registadas as temperaturas e a velocidade do vento em cada momento da amostragem.

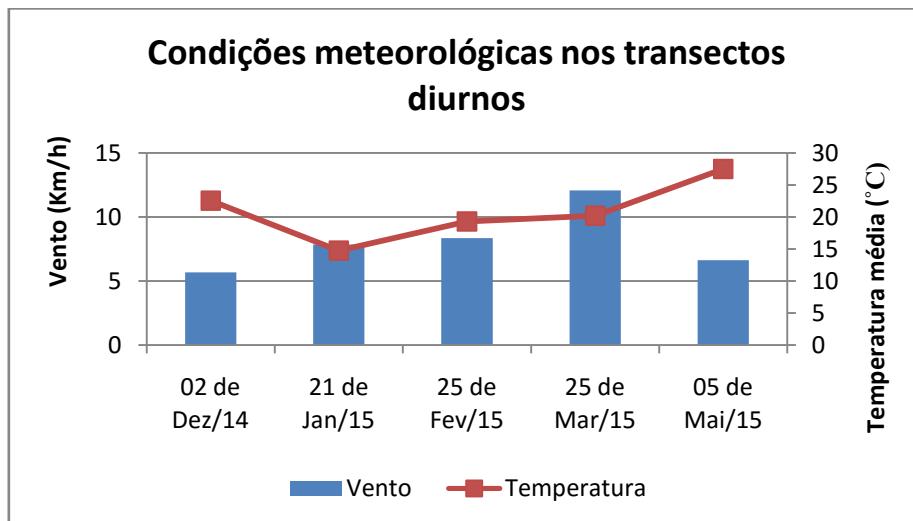


Figura 3 – Vento e temperatura média para os dias de amostragem.

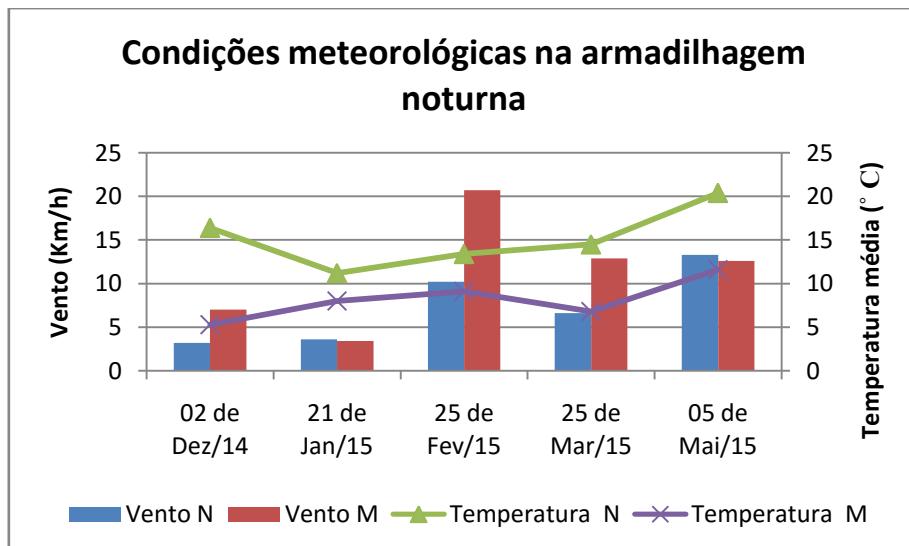


Figura 4 – Condições meteorológicas de vento e temperatura (N - Noite; M - Manhã) verificadas nas noites de armadilhagem noturna e manhãs subsequentes.

Plantas:

Para amostragem da vegetação estabeleceram-se dois transectos de faixa paralelos com 10 m de distância entre eles; em cada transecto foram amostrados 5 quadrados de 1 m² separados entre si por 3 m de distância. Para cada um dos quadrados estimou-se a cobertura total da vegetação (em percentagem), bem como a percentagem de cobertura de cada espécie em flor. Na mesma ocasião procedeu-se à colheita de um exemplar de cada uma dessas espécies para identificação e recolha posterior de pólen. A identificação das plantas foi feita recorrendo a literatura especializada (Castroviejo et al, 1986-2014; Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, 2014).



Figura 5 – Amostragem da vegetação com quadrados.

Insetos Noturnos:

Para a captura dos insetos noturnos foi utilizada uma armadilha portátil para traças com uma luz UV que foi colocada no centro do local de estudo entre as 19.30 e as 21.00 h, dependendo da altura do ano. Entre as 6.30 e as 8.00 h do dia seguinte foram recolhidos os insetos armadilhados e colocados em frascos individuais até ao seu processamento. Os insetos foram eutanasiados pelo frio, tendo sido congelados e posteriormente descongelados para permitir a recolha de pólen e a obtenção das várias morfometrias.

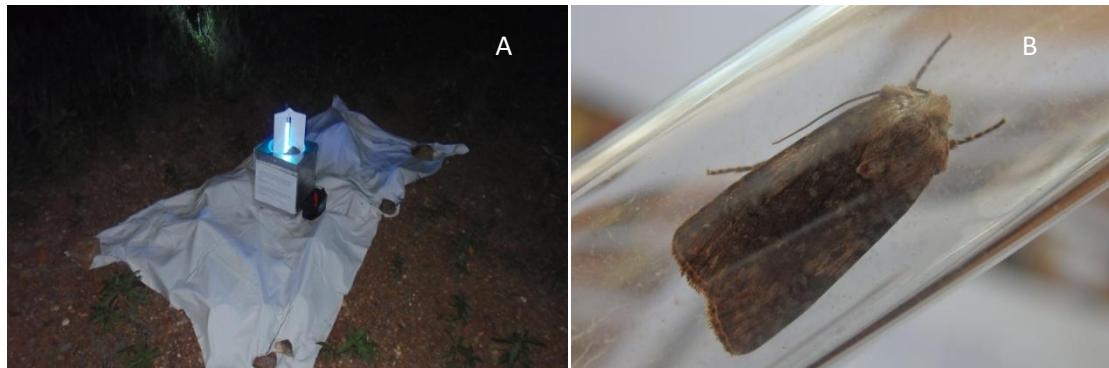


Figura 6 – Armadilha para captura de traças (A) e recolha das traças (B).

Insetos diurnos:

Para amostragem dos insetos diurnos foram realizados transectos aleatórios, com cerca de 15 m de comprimento e abrangência de 1 metro para cada lado, em cada um dos locais de estudo. Todos os insetos vistos a interagir com uma flor ou inflorescência (doravante chamada unidade floral), isto é, pousados na flor e não em qualquer outra parte da planta, eram capturados com uma rede, colocados em frascos individuais e mortos no local com E643 (acetato de etilo) para reduzir o stress e impedir a contaminação e a perda de pólen.

Os transectos para avaliar a atividade diurna de potenciais polinizadores foram realizados sempre entre as 12.30 e as 16.00 h, tendo todos os locais de estudo sido visitados a horas diferentes ao longo do período de amostragem para evitar enviesamento dos resultados devido à hora de amostragem.



Figura 7 – Abelha alimentando-se de néctar numa planta de *Lavandula sp.* (A), rede de captura (B) e frasco de morte (C).

2.2.2. Protocolos de laboratório

Amostragem do pólen das flores:

Durante a amostragem da vegetação foram recolhidos exemplares de flores de cada uma das espécies de plantas presentes em cada local de estudo. O pólen de cada flor foi recolhido utilizando um pequeno círculo de fucsina em gel, montado em lâmina e lamela de forma a obter uma preparação, o que permitiu a elaboração de uma pequena palinoteca dos locais de estudo que facilitou a identificação dos pólens transportados pelos insetos.

Amostragem dos insetos:

Cada inseto foi processado individualmente e sempre com muito cuidado para evitar a contaminação de pólen. Utilizou-se um pequeno círculo de fucsina em gel conforme descrito por Beattie (1971) para remover os grãos de pólen do corpo dos insetos junto aos olhos, antenas e, no caso dos lepidópteros, também na probóscide. Os grãos de pólen aderem ao gel e, ao mesmo tempo são coloridos de rosa, o que permite melhorar a

sua visualização ao microscópio óptico. O círculo de fucsina assim obtido foi montado entre lâmina e lamela, com recurso a uma fonte de calor, e a preparação obtida utilizada para posterior contagem dos grãos de pólen transportados por cada inseto.

No caso dos insetos com sacos polínicos, como as abelhas, por exemplo, teve-se o cuidado de não utilizar a fucsina nesta parte do corpo, já que este pólen provavelmente não iria estar disponível para a polinização, uma vez que é utilizado por estes insetos para seu próprio benefício (Forup et al, 2008).



Figura 8 – Corte de pequeno círculo de corante fucsina gel (A), recolha de pólen de cada inseto (B) e preparações microscópicas (C).

Por último, para cada inseto mediram-se os parâmetros morfométricos considerados relevantes – o comprimento do corpo (da cabeça até ao abdómen), a envergadura das asas (comprimento do par de asas anteriores) e o comprimento da probóscide – utilizando uma régua graduada em centímetros (Tepedino et al, 2011).

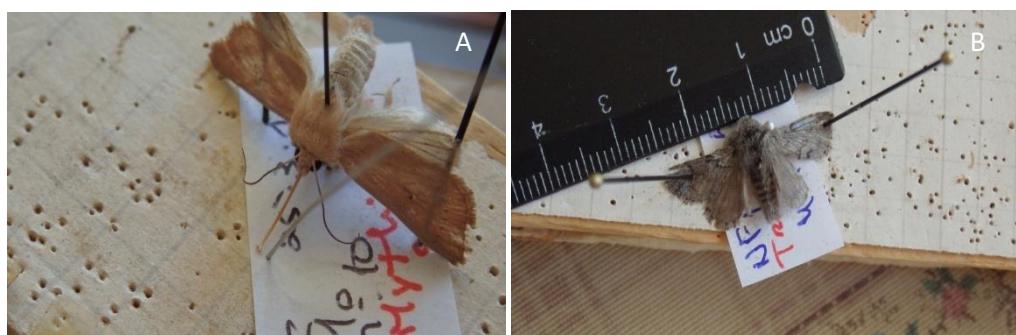


Figura 9 – Traça *Mythimna sicula* (Treitschke, 1835) (Lepidoptera: Noctuidae) (A) e medição da envergadura das asas da traça *Trichiura ilicis* (Rambur, 1866) (Lepidoptera: Lasiocampidae) (B).

Na maior parte dos casos os insetos foram identificados ao nível da espécie mas alguns apenas ao nível da Família ou mesmo da Ordem. Num dos casos foi criado um morfótipo correspondente ao mesmo inseto do taxon *Dasytidae* MT1. Contudo não foi possível identificar 7 dos insectos capturados devido ao fraco estado de conservação.

Análise estatística:

Para a análise dos dados, foi utilizado o *software* “R” e elaborado um modelo GAM (Generalised Aditive Model) em que o comprimento do corpo (Comprimento) e a envergadura das asas (Envergadura) do inseto foram utilizados como termos fixos (o primeiro como um termo linear e o segundo como termo de alisamento – “smoothterm”; (I.N.E., 2013); como termos aleatórios foram utilizados a identificação dos indivíduos (Nomes) e os meses (Mes), usando o bs=“re”, uma função que permite que as predições sejam feitas em cada nível dos termos aleatórios.

Para os Lepidópteros foi também medida a probóscide e o modelo utilizado foi da família quasipoisson com a função log link e com a seguinte formula Polen ~ +s(Envergadura) + s(Proboscide) + s(Nomes, bs = "re") + s(Mes, bs = "re").

3. Resultados

3.1. Insetos

Durante o período de amostragem (2 de dezembro de 2014 a 5 de maio de 2015) foram capturados no total 325 insetos. Informação mais detalhada encontra-se no anexo 1, para os transectos diurnos, e no anexo 2, para a armadilhagem nocturna, onde podemos ver que, no total, foram capturados 137 insetos da ordem Lepidoptera, 109 da ordem Coleoptera, 60 da ordem Hymenoptera, 8 da ordem Diptera, 2 da ordem Ephemeroptera, 1 da ordem Hemiptera e 1 da ordem Neuroptera. Ao todo não foram identificados 7 insetos.

Dos 325 insetos capturados, 281 insetos, ou seja, 86,5% do total carregavam uma quantidade significativa de pólen (ou seja, cinco ou mais grãos de pólen de uma mesma planta). O número total de grãos de pólen contados e identificados foi 43673,

provenientes de 314 insetos que foi o número total de indivíduos portadores de pólen. A carga média de pólen por indivíduo foi de 134,4 grãos de pólen.

Os insetos que carregavam maior número de grãos de pólen pertencem aos seguintes taxa: *Andrena* sp. (Fabricius, 1775) (Hymenoptera: Andrenidae), *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae), *Bombus hortorum* (Linnaeus, 1761) (Hymenoptera: Apidae), *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae), *Eucera* sp. (Scopoli, 1770) (Hymenoptera: Apidae). Cerca de 59,4 % dos insetos capturados transportavam 5 ou mais espécies diferentes de pólen, isto é, transportavam pólen de 5 ou mais espécies de planta. Os insetos que transportavam maior número de espécies de grãos de pólen pertencem aos seguintes taxa *Andrena* sp., *Apis mellifera*, Bombyliidae, Elateridae, *Melanargia ines* (Hoffmannsegg, 1804) (Lepidoptera: Nymphalidae), Tenebrionidae. As espécies que se mostraram mais comuns durante o período de amostragem foram *Acrobasis obliqua* (Zeller, 1847) (Lepidoptera: Pyralidae), *Apis mellifera*, *Oxythyrea funesta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae), *Rhoptria asperaria* (Hübner, 1817) (Lepidoptera: Geometridae), Tenebrionidae, o número de indivíduos capturados foram, respectivamente, 13, 30, 48, 18, 32.

Para os taxa com mais de um indivíduo são apresentadas as médias ± erro padrão das medidas morfológicas (comprimento, envergadura e probóscide - ver conjunto de dados no anexo 3).

Os insetos capturados apresentaram grande diversidade de tamanho: o comprimento do corpo variou entre 0,4 cm e 2,5 cm, e a envergadura das asas variou entre 0,7 cm e 5,7 cm. No caso dos lepidópteros, o comprimento da probóscide variou entre 0,2 cm e 1,2 cm (ver anexo 3).

3.2. Plantas

As parcelas selecionadas como locais de estudos apresentavam uma grande diversidade e abundância de espécies vegetais típicas da região mediterrânea.

Para cada um dos locais de estudo são apresentadas as médias ± erro padrão da percentagem de cobertura da vegetação total (incluindo tanto a que estava na floração

como a que estava ainda no estado vegetativo), com todas as parcelas a apresentaram uma média de cobertura total > 50 % (Tabela 1).

Tabela 1 – Cobertura média da vegetação total para cada local e data de amostragem.

Local	dez	jan	fev	mar	mai
F1	73,5 ± 3,80	77,4 ± 6,96	87,0 ± 6,11	94,0 ± 2,33	90,5 ± 3,37
F2	68,6 ± 6,04	79,5 ± 4,11	76,0 ± 4,52	77,5 ± 4,61	77,0 ± 2,60
F3	54,3 ± 4,97	63,0 ± 4,78	70,5 ± 2,17	67,0 ± 5,33	69,5 ± 2,83
NF1	67,0 ± 4,84	65,8 ± 3,90	75,0 ± 6,01	71,0 ± 3,93	59,5 ± 3,91
NF2	66,8 ± 5,29	61,0 ± 5,72	74,0 ± 5,36	70,0 ± 2,79	79,5 ± 4,56
NF3	71,0 ± 4,40	62,0 ± 4,16	67,5 ± 4,10	69,5 ± 3,11	74,5 ± 4,80

Durante o período de amostragem, foram identificadas 49 espécies de plantas em flor nos locais de estudo e na proximidade, mas apenas 23 foram identificadas nos quadrados de amostragem. Os insetos carregaram pólen de 44 espécies (Tabela 2).

Tabela 2 - Lista completa das espécies de plantas em flor identificadas nos locais de estudo e na proximidade.

Família	Espécies de plantas	Pólen encontrado nos insetos
Alliaceae	<i>Allium paniculatum</i> L.	X
Amaryllidaceae	<i>Leucojum autumnale</i> L. *	X
Apiaceae	<i>Thapsia villosa</i> L.*	X
Asparagaceae	<i>Urginea maritima</i> (L.) Baker *	X
	<i>Scilla autumnalis</i> L.*	X
Asteraceae	<i>Coleostephus myconis</i> (L.) Rchb.f. <i>Chamaemelum mixtum</i> (L.) All.* <i>Logfia gallica</i> (L.) Coss. & Germ. * <i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moench subsp. stoechas <i>Andryala integrifolia</i> L. <i>Pulicaria paludosa</i> L. <i>Galactites tomentosus</i> Moench <i>Carlina racemosa</i> L.* <i>Leontodon taraxacoides</i> (Vill.) Mérat	X X X X X X X X X
Boraginaceae	<i>Lithodora prostrata</i> (Loisel.) <i>Echium plantagineum</i> L.*	X X
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L. subsp. raphanistrum *	
Campanulaceae	<i>Jasione montana</i> L. * <i>Campanula lusitanica</i> L. *	X
Caprifoliaceae	<i>Viburnum tinus</i> L.	X
Caryophyllaceae	<i>Silene gallica</i> L.*	X

Família	Espécies de plantas	Pólen encontrado nos insetos
Cistaceae	<i>Cistus ladanifer</i> L. <i>Cistus salvifolius</i> L. <i>Cistus</i> sp.* <i>Tuberaria guttata</i> (L.) Fourr. * <i>Cistus crispus</i> L.	X X X X X
Cupressaceae	<i>Cupressus</i> sp. *	X
Ericaceae	<i>Arbutus unedo</i> L. <i>Erica arborea</i> L. * <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	X X X
Fabaceae	<i>Ulex spp.</i> <i>Anthyllis vulneraria</i> L. <i>Trifolium</i> sp. * <i>Genistatriacanthos</i> Brot.	X X X X
Gentianaceae	<i>Centaurium erythraea</i> Rafn	X
Iridaceae	<i>Gladiolus italicus</i> Mill *	X
Lamiaceae	<i>Thymus mastichina</i> L. * <i>Lavandula stoechas</i> L. <i>Phlomis purpurea</i> L. *	X X
Oxalidaceae	<i>Oxalis pes-caprae</i> L. *	
Plantaginaceae	<i>Anarrhinum bellidifolium</i> (L.) Willd.	X
Pinaceae	<i>Pinus</i> sp. *	X
Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i> L. *	X
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i> spp.*	X
Resedaceae	<i>Reseda media</i> Lag.*	X
Rosaceae	<i>Sanguisorba verrucosa</i> (Link ex G.Don) Ces.	X
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i> L.	X
Thymelaeaceae	<i>Daphne gnidium</i> L.	
Valerianaceae	<i>Centranthus calcitrapae</i> (L.) Dufr.*	X

As espécies de planta com * foram encontradas nos locais de estudo ou na sua proximidade mas não dentro dos quadrados de amostragem.

As espécies de plantas em floração durante um maior período de trabalho de campo foram *Ulex spp.*, *Lithodora prostrata* ssp. *lusitanica* e *Leontodon taraxacoides*.

As espécies de plantas em floração durante um curto período de trabalho de campo foram *Daphne gnidium*, *Arbutus unedo*, *Solanum nigrum*, *Coleostephus myconis*, *Anthyllis vulneraria*, *Cistus salvifolius*, *Cistus crispus*, *Helychrysum stoechas* ssp. *stoechas*, *Allium paniculatum*, *Andryala integrifolia*, *Anarrhinum bellidifolium*, *Galactites tomentosus* e *Sanguisorba verrucosa*.

Nos meses de Inverno (dezembro, janeiro e fevereiro), a quantidade de espécies de plantas em flor é menor que nos meses de Primavera (março e maio), como seria de esperar. No mês de dezembro as plantas em floração mais abundantes (com cobertura \geq 20%) foram *Daphne gnidium* e *Arbutus unedo* (Figura 10), em janeiro duas espécies do género *Ulex* (Figura 11), em fevereiro, para além das plantas do género *Ulex*, *Centaurium erythraea* (Figura 12). No mês de março as plantas em floração mais abundantes (com cobertura $>$ 20%) foram *Lavandula stoechas*, *Cistus ladanifer*, *Genista triacanthos*, *Cistus salviifolius*, *Ulex spp.* e *Viburnum tinus* (Figura 13) e no mês de maio *Lavandula stoechas*, *Ulex spp.*, *Genista triacanthos*, *Coleostephus myconis* e *Anthyllis vulneraria* (Figura 14).

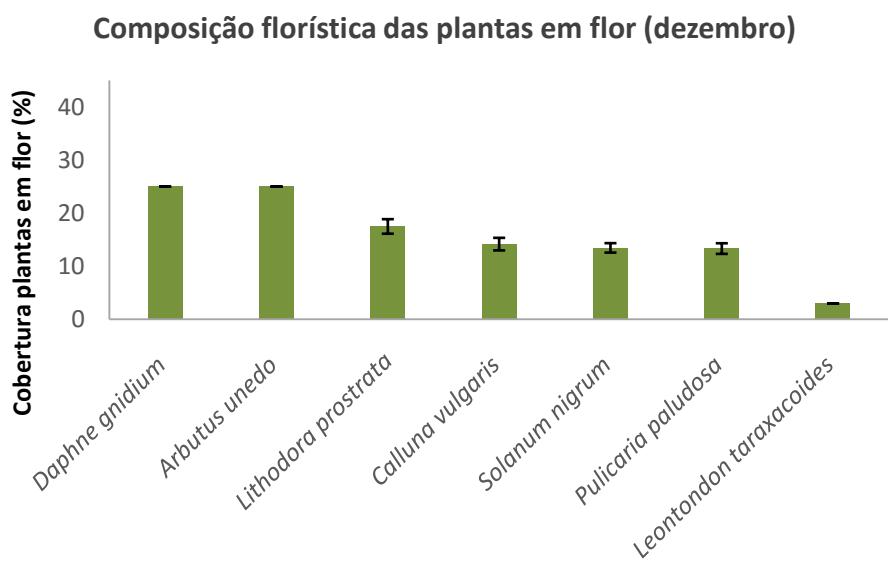


Figura 10 – Espécies em floração no mês de dezembro por ordem decrescente de cobertura.

Composição florística das plantas em flor (janeiro)

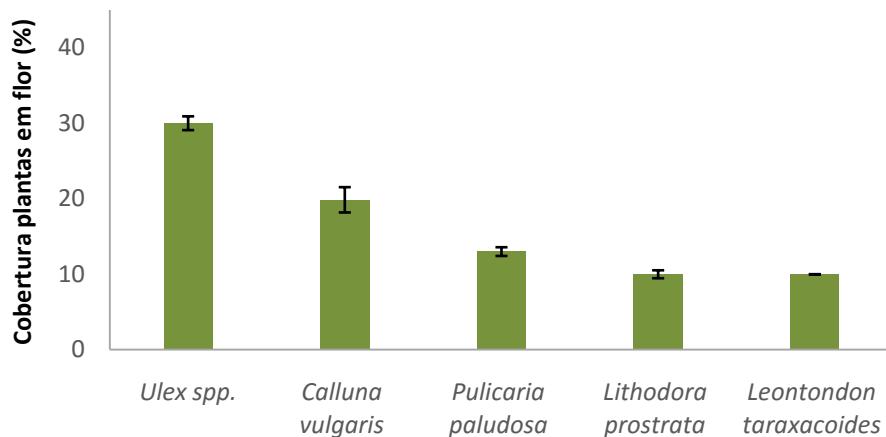


Figura 11 - Espécies de plantas em floração no mês de janeiro por ordem decrescente de cobertura.

Composição florística das plantas em flor (fevereiro)

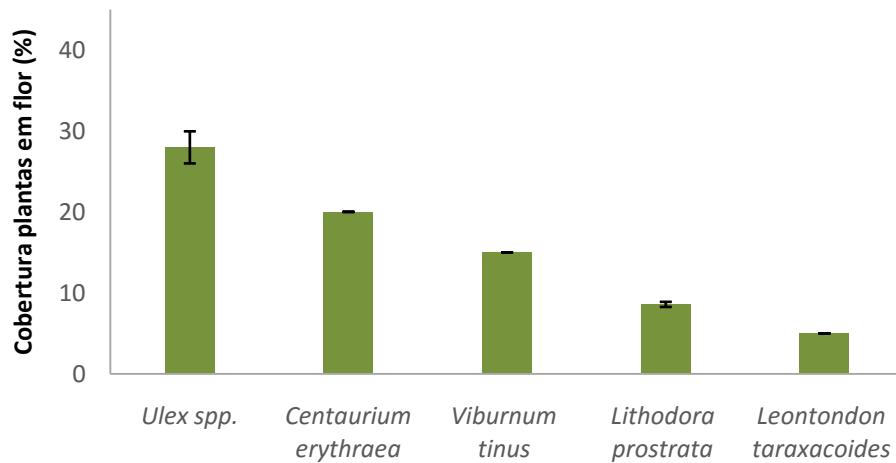


Figura 12 - Espécies de plantas em floração no mês de fevereiro por ordem decrescente de cobertura.

Composição florística das plantas em flor (março)

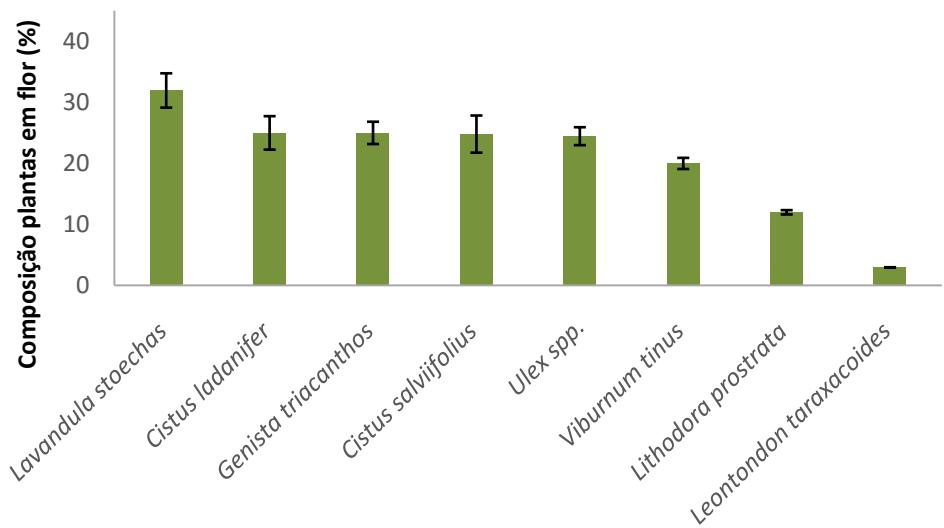


Figura 13 - Espécies de plantas em floração no mês de março por ordem decrescente de cobertura.

Composição florística das plantas em flor (maio)

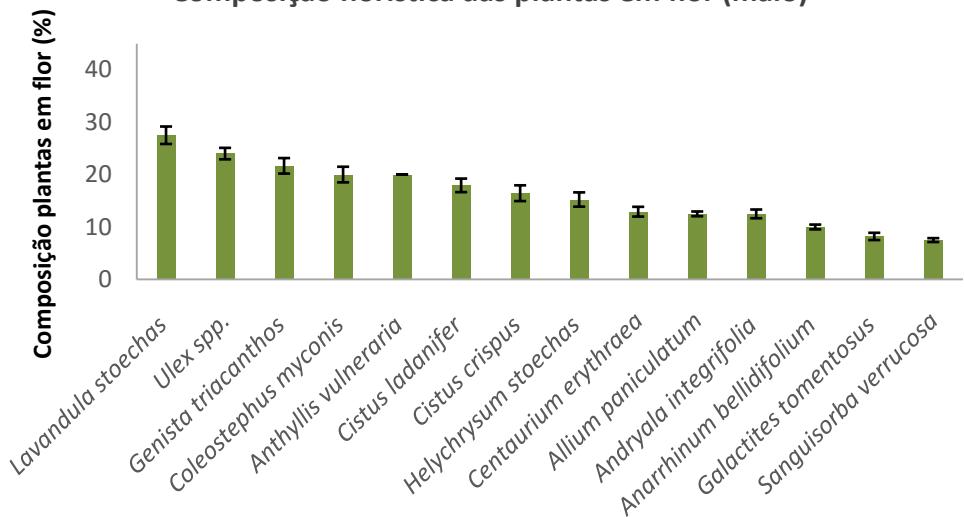


Figura 14 - Espécies de plantas em floração no mês de maio por ordem decrescente de cobertura.

3.3. Análise estatística dos parâmetros morfométricos dos insetos e da carga de pólen

O modelo GAM proposto satisfaz a maioria dos pressupostos, exceto no que se refere à homogeneidade dos resíduais (Figura 15), pelo que deve ser interpretado com alguma precaução e os resultados devem ser apenas indicativos dos efeitos potenciais.

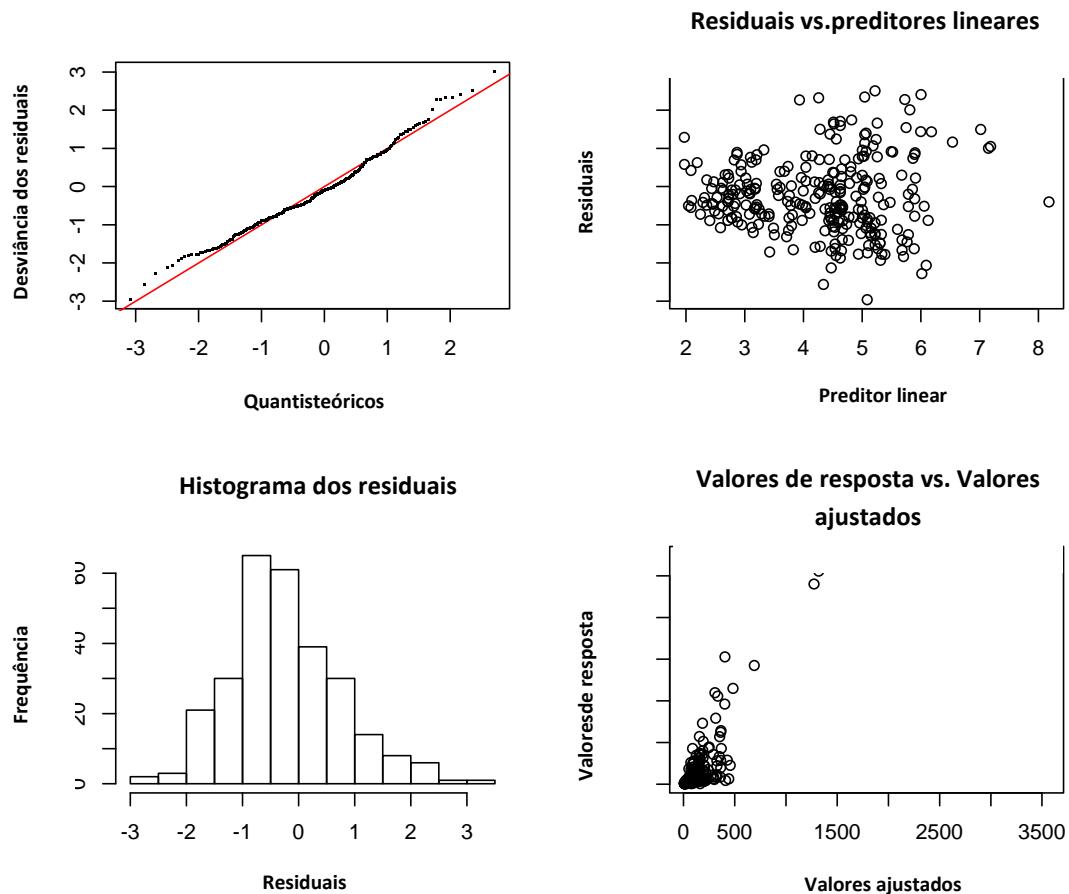


Figura 15. Gráficos de diagnóstico para o modelo GAM proposto.

O modelo GAM proposto é $\text{Polen} \sim \text{Comprimento} + s(\text{Envergadura}) + s(\text{Nomes}, \text{bs} = "re") + s(\text{Mes}, \text{bs} = "re")$.

Este modelo foi elaborado para averiguar a relação entre o número de grãos de pólen transportados (pólen) e as dimensões do corpo dos insetos que os transportam, nomeadamente entre o comprimento do corpo e a envergadura das asas, e apresenta um bom ajustamento. O modelo explica uma percentagem de variação elevada (75%).

($P < 0,001$; Erro padrão = 0,484; REML = 1555; $R^2_{adj} = 0,536$). Tanto o comprimento do corpo, como a envergadura das asas e a espécie do inseto, bem como a época de recolha influenciaram significativamente o número de grãos de pólen transportados (Tabela 3).

Tabela 3 - Coeficientes paramétricos do modelo GAM que inclui o Comprimento.

Coeficientes paramétricos:

	Estimativa	Erro-padrão	z value	Pr(> z)
(Interceção)	2.6755	0.4839	5.529	3.22e-08 ***
Comprimento	1.0754	0.3298	3.260	0.00111 **

Significado aproximado dos termos de alisamento (s):

	Edf	Ref.df	Chi.sq	p-value
s(Envergadura)	4.216	4.962	16.31	0.005907 **
s(Nomes)	55.567	72.000	406.48	2.14e-08 ***
s(Mes)	2.549	4.000	685.39	0.000157 ***

R-sq.(adj) = 0.536

Deviance explained = 75.1%

-REML = 1554.6

Scale est. = 1

n = 281

Apresentam-se abaixo os resultados do modelo para o número de grãos de pólen (Pólen) transportados em função do comprimento do corpo (Figuras 16 e 17) e da envergadura das asas (Figuras 18 e 19) para as quatro espécies (ou agrupamentos) de insetos mais comuns e para os cinco meses de amostragens. Os intervalos de confiança não são apresentados a fim de melhorar a clareza da representação. Os erros padrão para estas previsões são apresentados para cada um dos exemplos.

Verifica-se um efeito linear positivo muito significativo do Comprimento (Figuras 16 e 17) e um efeito de alisamento negativo da Envergadura (Figuras 18 e 19). De facto, observando as figuras em causa verificamos que para todas as espécies/grupos de insetos a um maior comprimento do corpo parece corresponder um aumento no número de grãos transportados; ao contrário, o número de grãos de pólen transportados parece diminuir com o aumento da envergadura das asas.

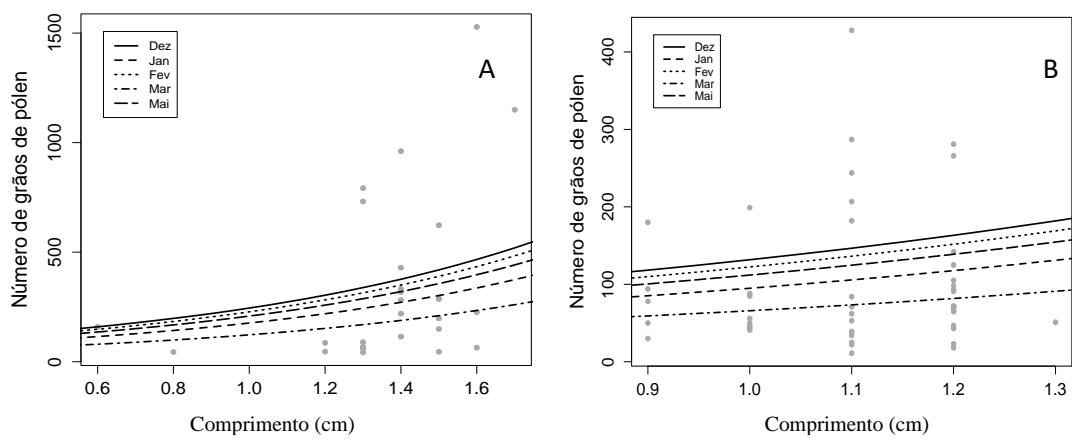


Figura 16 - Resultados do modelo obtido para o número de grãos de pólen transportados em função do comprimento do corpo dos indivíduos das espécies *Apis mellifera* (A), erros padrão: 60,9 (Dez), 53,2 (Jan), 52,7 (Fev), 24,2 (Mar) e 42,2 (Mai) e *Oxythyrea funesta* (B), erros padrão: 41,1 (Dez), 36,8 (Jan), 35,3 (Fev), 14,7 (Mar) e 29,6 (Mai).

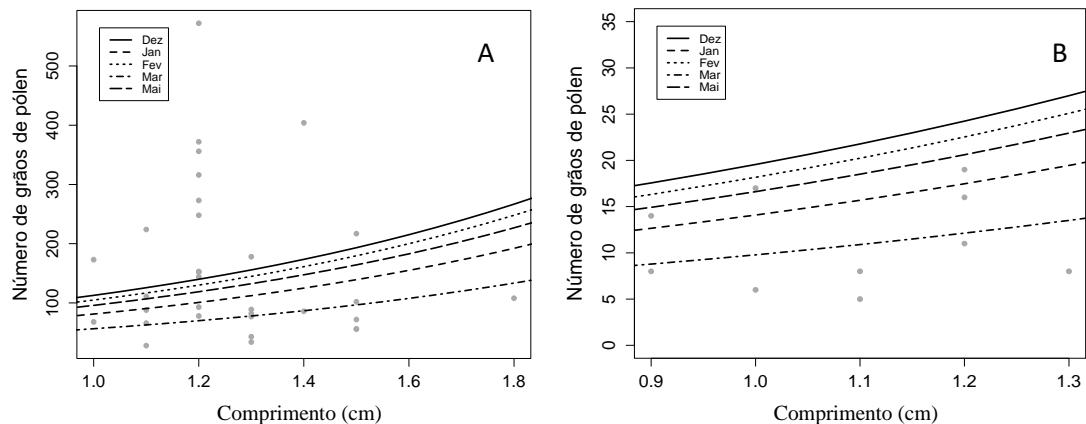


Figura 17 - Resultados do modelo obtido para o número de grãos de pólen transportados em função do comprimento do corpo dos indivíduos da família Tenebrionidae MT1 (A), erros padrão: 23,9 (Dez), 19,0 (Jan), 21,4 (Fev), 10,6 (Mar) e 17,8 (Mai) e da espécie *Acrobasis obliqua* (B), erros padrão: 5,53 (Dez), 5,14 (Jan), 4,79 (Fev), 2,1 (Mar) e 3,61 (Mai).

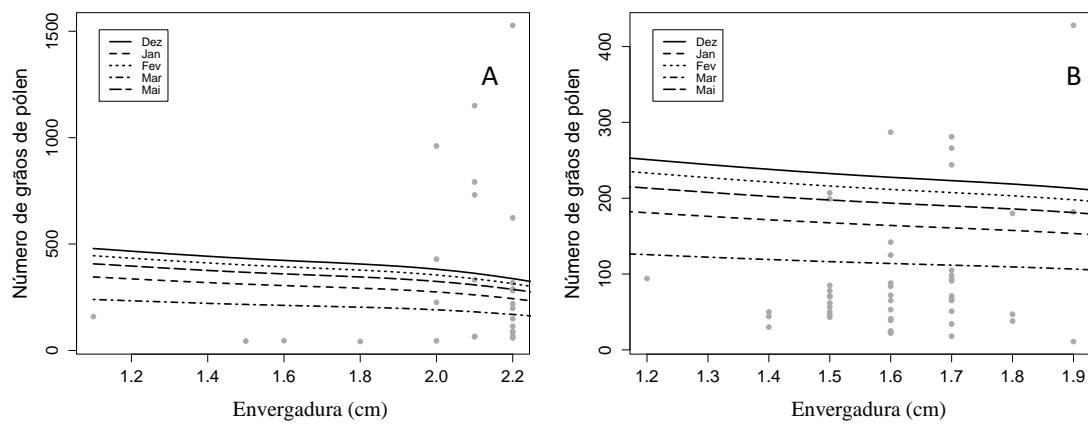


Figura 18 - Resultados do modelo obtido para o número de grãos de pólen transportados em função da envergadura das asas dos indivíduos da espécie: *Apis mellifera* (A), erros padrão: 173,5 (Dez), 158,8 (Jan), 154,3 (Fev), 76,8 (Mar) e 120,5 (Mai) e *Oxythyrea funesta* (B), erros padrão: 85,2 (Dez), 80,3 (Jan), 74,5 (Fev), 33 (Mar) e 61,2 (Mai).

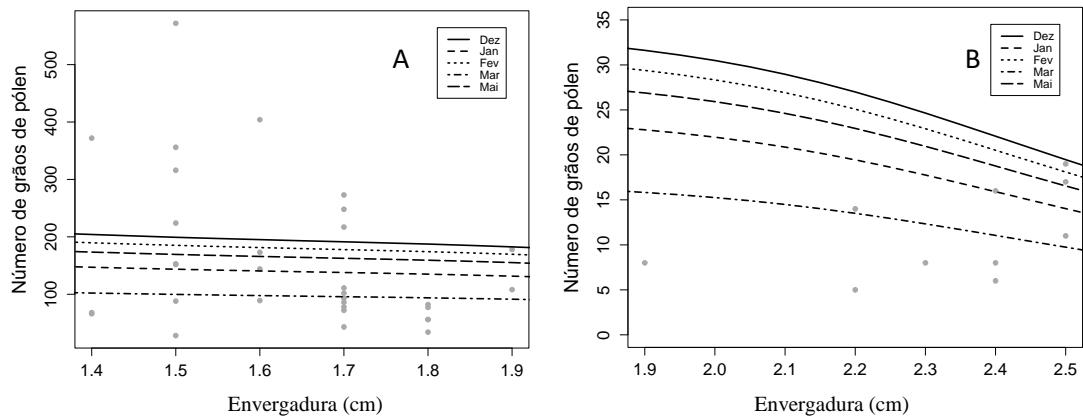


Figura 19 - Resultados do modelo obtido para o número de grãos de pólen transportados em função da envergadura das asas dos indivíduos da família e espécie respetivamente: *Tenebrionidae* MT1 (A), erros padrão: 62,3 (Dez), 61,8 (Jan), 55 (Fev), 25,3 (Mar) e 31,9 (Mai) e *Acrobasis obliqua* (B), erros padrão: 12,2 (Dez), 11 (Jan), 11 (Fev), 5,4 (Mar) e 8,8 (Mai).

É de referir que o tamanho das amostras nos meses de inverno foi muito pequeno (em particular no mês de janeiro) e, por conseguinte, os intervalos de confiança são grandes, enquanto as amostras de março e de maio, por exemplo, proporcionaram estimativas mais fiáveis, por serem maiores. Chama-se igualmente a atenção para as diferenças existentes na escala do eixo das ordenadas, que correspondem a diferenças entre as espécies, mas também na dimensão do efeito do Comprimento (por exemplo, o aumento

do número de grãos de pólen (~5) transportado pelos indivíduos da espécie *Acrobasis obliqua* correspondente a um aumento no comprimento do corpo de 0,9 a 1,3 cm é de menor magnitude que aquele que se verifica para os indivíduos da espécie *Oxythyrea funesta* (~50) para o mesmo aumento de comprimento do corpo.

Tanto no caso do comprimento do corpo como da envergadura das asas, todos os insetos/grupo de insetos estudados variam de igual modo com os meses, sendo que dezembro é o mês em que os insetos transportam maior número de grãos de pólen, seguidos por fevereiro, maio, janeiro e março.

Modelo para os Lepidópteros:

No caso dos Lepidópteros, em que o comprimento da probóscide (Proboscide) foi incluído no modelo (Polen ~ +s(Envergadura) + s(Proboscide) + s(Nomes, bs = "re") + s(Mes, bs = "re"), o comprimento deixa de ser significativo. Existe uma correlação muito forte entre Proboscide e Comprimento ($r= 0,68$, $df = 88$, $p\text{-value} <0,0001$, Figura 20), o que sugere que o efeito significativo do comprimento encontrado no modelo anterior seja na verdade um *proxy* para a probóscide e não um efeito do comprimento do corpo.

Tabela 4 - Coeficientes paramétricos do modelo GAM que inclui a Proboscide.

Coeficientes paramétricos:

	Estimativa	Erro-padrão	t value	Pr(> t)
(Interceção)	3.3241	0.3071	10.82	1.55e-15 ***

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Significado aproximado dos termos de alisamento (s):

	Edf	Ref.df	F	p-value
s(Envergadura)	3.450	3.931	3.698	0.009841 **
s(Proboscide)	3.934	4.698	3.523	0.008799 **
s(Nomes)	21.137	37.000	3.709	0.000239 ***
s(Mes)	2.561	4.000	32.648	0.000741 ***

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

R-sq.(adj) = 0.826

Deviance explained = 85.9%

-REML = 206.22

Scale est. = 16.946

n = 90

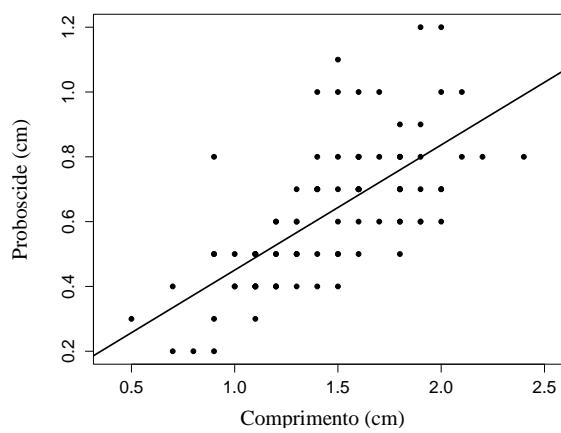


Figura 20 – Relação entre o efeito do comprimento do corpo e da probóscide para os Lepidópteros.

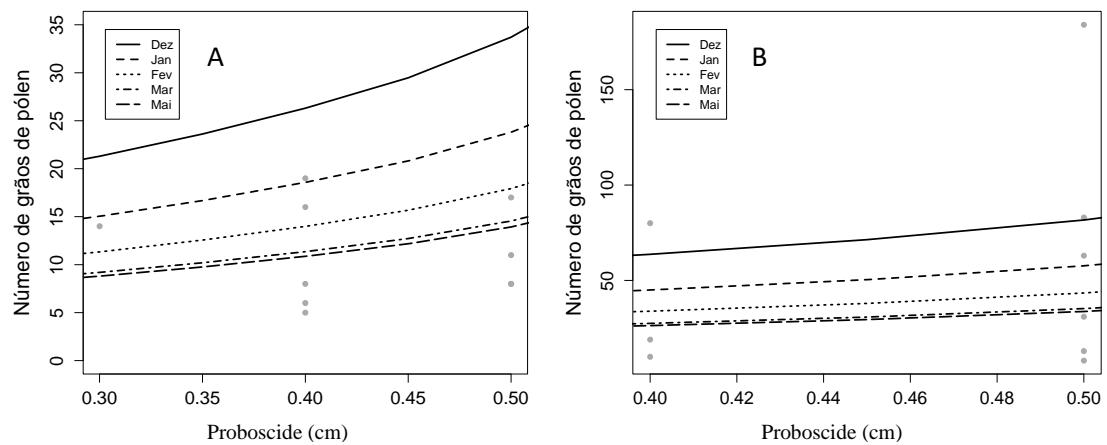


Figura 21 - Efeito do tamanho da probóscide em *Acrobasis obliqua* (A) e *Rhoptria asperaria* (B).

4. Discussão

Nos últimos anos vários autores têm estudado estes padrões de interação entre os visitantes florais e as plantas em redes de polinização e têm apontado como fator importante na variação e sucesso destas interações os aspectos morfológicos das espécies envolvidas (Kandori, 2002; Stang et al, 2006; Vivarelli et al, 2011; Tepedino et al, 2011). Em particular, tamanhos do corpo dos visitantes florais mostram ter um papel importante no processo da polinização (Kandori, 2002; Vivarelli et al, 2011; Tepedino et al, 2011).

Para muitas das espécies de insetos, apenas um indivíduo foi capturado, o que torna difícil retirar conclusões sobre a sua importância como vetor de pólen. O número baixo de indivíduos capturados para muitas espécies pode eventualmente ser atribuído à influência das condições meteorológicas, já que as temperaturas baixas e o vento forte que se verificaram durante algumas amostragens estão associados a baixa captura de insetos (observação pessoal).

Quando foi analisada a relação entre a carga de pólen transportada e o comprimento do corpo para cada espécie de inseto capturado verificou-se que existe um efeito linear positivo para todos os insetos, ou seja, quanto maior o comprimento do corpo, maior o número de grãos de pólen transportados por um determinado inseto (independentemente do grupo/espécie). Tepedino et al (2011) também mostrou a mesma relação entre o comprimento do corpo e a carga de pólen transportado para espécies de insetos que visitaram as flores da planta *Eriogonum pelinophilum*, sugerindo que insetos de maiores dimensões são polinizadores mais efetivos desta planta. De modo semelhante, Kandori (2002) também relatou que insetos com maior tamanho mostraram ser polinizadores mais efetivos da planta *Geranium thunbergii*. Everaars (2012) relatou que grandes polinizadores podem transportar grandes quantidades de grãos de pólen simplesmente porque a área da superfície do corpo do inseto aumenta proporcionalmente com o comprimento. Isto pode ser uma explicação, uma vez que quanto maior o corpo, maior a probabilidade de contacto dos insetos com as anteras das flores enquanto forrageiam por néctar e/ou pólen e, deste modo, maior a probabilidade de remover pólen. Apesar disso, é preciso ter em conta a morfologia das plantas - algumas plantas podem apresentar morfologia mais complexa e assim restringir o acesso às recompensas nutricionais,

enquanto outras podem apresentar morfologia mais acessível e aberta (Corbet, 2000; Stang et al, 2006; Zych, 2013).

O comportamento de forrageamento pode causar variação na remoção de pólen. Um forrageamento demorado para alcançar o néctar contido nas corolas, por exemplo, pode remover grandes quantidades de pólen devido ao facto de assim contactar várias vezes com as anteras, como mostrado por Nienhuis & Stout (2009).

Por outro lado, polinizadores com maior comprimento apresentam maior massa corporal e, como tal, necessitam de mais energia para levantar voo; como resultado, maior número de flores são visitadas para satisfazer as maiores exigências de néctar e/ou pólen (Stang et al, 2006; Tepedino et al, 2011; Everaars, 2012). O número de flores visitadas por unidade de tempo pode também influenciar o número de grãos de pólen presentes no corpo do polinizador.

Um segundo parâmetro morfométrico analisado em relação à carga de pólen foi a envergadura das asas e verificou-se que existe um efeito de alisamento negativo, ou seja, o número de grãos de pólen transportados por um determinado inseto parece diminuir com o aumento da envergadura das asas. De facto, a envergadura das asas pode não ter uma influência significativa na quantidade de pólen removido uma vez que a maioria dos insetos quando se alimentam de néctar ou de pólen apresentam as asas em repouso, e apenas algumas espécies, como os ninfalídeos, apresentam batimento das asas enquanto se alimentam na flor.

A carga de pólen por cada distância percorrida na busca de néctar e/ou pólen pode ser afetada por essa distância desde o ninho até à fonte alimentar (Willmer & Stone, 2004; Everaars, 2012). De facto, insetos que possuem asas de maior envergadura são capazes de voar longas distâncias e podem apresentar um voo mais rápido do que insetos com asas de pequena envergadura como mostrado por alguns autores (Herrera, 1987; Vivarelli et al, 2011; Everaars, 2012). Maiores distâncias percorridas podem significar maior período de tempo em voo o que, dependendo das condições ambientais, pode influenciar a quantidade de pólen presente no corpo.

O terceiro parâmetro morfométrico analisado em relação à carga de pólen foi o comprimento da probóscide para os lepidópteros e verificou-se uma correlação muito forte entre comprimento da probóscide e o comprimento do corpo, ou seja o maior

tamanho da probóscide está relacionado com o maior comprimento corpo do insecto. Resultados de outros estudos também mostraram uma correlação positiva entre o comprimento da probóscide e o comprimento do corpo para espécies de borboletas e traças (Corbet, 2000; Krenn, 2010). Harder (1985) e Everaars (2012) também relataram a mesma correlação para espécies de abelhas.

A morfologia das flores pode impor restrições e limitar o acesso às recompensas nutricionais. Stang et al (2006) mostrou que a profundidade e a largura das corolas influencia o número de visitantes que interage com a planta, de tal modo que o número de visitantes florais diminui significativamente com o aumento da profundidade a que se encontra o nectário e com a diminuição da largura da corola. De facto, o grau de correspondência morfológica entre o comprimento da probóscide e a profundidade a que o nectário se situa pode ser um fator importante que influencia a taxa de visitação (Stang et al, 2006; Dohzono et al, 2011). O conhecimento destas restrições morfológicas impostas pelas plantas permite prever se determinada espécie de planta interage com um visitante floral generalista ou especializado (Stang et al, 2006). As redes de polinização são dominadas por generalistas, dos quais os polinizadores com probóscide mais longa são exemplo, uma vez que podem aceder a flores com maior diversidade morfológica de corolas (Harder, 1985; Stang et al, 2006). Dito de outra maneira, os polinizadores só conseguem retirar néctar de flores em que o comprimento do tubo floral seja igual ou menor que a probóscide, logo os polinizadores com probóscide mais comprida têm acesso a néctar numa gama de profundidades de corola mais alargada que aqueles que têm probóscide curta.

Verificou-se que, de modo sistemático, a carga de pólen transportada pelos insetos foi maior em dezembro que nos meses restantes. Considerando que este é um mês em que não existem muitas espécies em flor, como ficou documentado nos resultados obtidos a partir dos levantamentos florísticos, uma explicação bastante plausível pode ser o facto de nesse mês se encontrarem em flor algumas plantas como o tojo (*Ulex spp.*) e o medronheiro (*Arbutus unedo*); estas plantas, muito abundantes nas parcelas estudadas, contribuem com muitos grãos de pólen que ficam aderentes ao corpo dos insetos que as visitam. No caso do medronheiro ainda se pode referir que o pólen se dispersa em tétradas (Rodríguez-Rajo et al, 2005), quadruplicando os valores dos grãos de pólen desta espécie. A análise dos pólenes retirados do corpo dos insetos vem confirmar esta suposição.

5. Conclusão

Neste estudo verificou-se que lepidópteros com probóscide mais longa possuem corpos mais compridos e transportam mais pólen. Outros insetos maiores, além de transportar mais pólen, podem apresentar outras potenciais vantagens como polinizadores associadas às suas características morfológicas, como seja o facto de visitarem maior número de flores por unidade de tempo para satisfazer as suas maiores exigências nutricionais, o que resultará em mais flores polinizadas. O estudo alcançou o seu principal objetivo pois foi possível mostrar a influência que os aspectos morfológicos dos insetos amostrados podem ter na quantidade de pólen que conseguem transportar. Ficou demonstrada a importância de grandes insetos como vetores de pólen. Outro resultado positivo deste trabalho foi a identificação de espécies de insetos polinizadores diurnos e noturnos.

Sabemos hoje que habitats naturais com grande diversidade de insetos polinizadores na proximidade de áreas agrícolas aumentam a produção das culturas (Nicholls & Altieri, 2012), nomeadamente a produção de frutos, não só em quantidade mas também em qualidade (Bartomeus et al, 2014; Garratt et al, 2014).

A área onde se insere este estudo faz parte da Rede Natura 2000, sendo constituída por habitats de espécies da flora e da fauna selvagens de grande interesse económico e cinegético para a população rural da região (PMDFCI, 2008) que beneficiam com a presença de insetos polinizadores. Além disso, algumas espécies de polinizadores, como as abelhas, fornecem outros produtos de valor económico derivados da polinização como o mel – foi possível observar colmeias em muitas zonas da área de estudo.

Quanto ao prosseguimento do trabalho, seria interessante estudar, para a mesma comunidade, a influência da morfologia das flores de determinadas espécies de plantas na capacidade de remoção e deposição de grãos de pólen por parte dos insetos visitantes florais.

6. Bibliografia

- Adler, L.S. & Irwin, R.E. (2006). Comparison of pollen transfer dynamics by multiple floral visitors: experiments with pollen and fluorescent dye. *Annals of Botany* (97), 141–150.
- Alves-dos-Santos, I. & Wittmann, D., (1999). The proboscis of the long-tongued *Ancyloscelis* bees (Anthophoridae/Apoidea), with remarks on flower visits and pollen collecting with the mouthparts. *Journal of the Kansas Entomological Society* (72), 277–288.
- Alves dos Santos, I. (2010). *Conservação dos polinizadores*. (pp. 10-12). In Revista Oecologia Australis. Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo. Brasil.
- Banza, P. (2011). *Investigating the Importance of Nocturnal Lepidoptera as Pollinators: a Network Approach*. Dissertação. Mestrado em Biologia da Conservação. Universidade de Évora. Portugal.
- Bartomeus, I. et al. (2014). Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. *PeerJ* 2:e328; DOI 10.7717/peerj.328.
- Beattie, A. J. (1971). A technique for the study of insect- borne pollen. *Pan-Pacific Entomologist*, 47: 82.
- Boberg, E. & Agren, J. (2009). Despite their apparent integration, spur length but not perianth size affects reproductive success in the moth-pollinated orchid *Platanthera bifolia*. *Journal of Functional Ecology* (23), 1022-1028.
- Boberg, E., Alexandersson, R., Jonsson, M., Maad, J., Agren, J. & Nilsson, L.A. (2013). Pollinator shifts and the evolution of spur length in the moth-pollinated orchid *Platanthera bifolia*. *Annals of Botany* (113), 267-275.
- Bronstein, J.L. (1994). Our current understanding of mutualism. *Quarterly Review of Biology* (69), 31–51.
- Bronstein, J.L., Alarcón, R. & Geber, M. (2006). The evolution of plant-insect mutualisms, Tansley review. *New Phytologist* (172), 412-428.
- Brown, B.V. (2001). *Insects, Overview*. (pp. 479-484). In *Encyclopedia of Biodiversity volume 3*. Academic Press. Natural History Museum of Los Angeles County. USA.
- Castroviejo S et al. (Ed.) (1986-2014). Flora Iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica, e Islas Baleares. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid.
- Cook, J.M. & Rasplus, J.Y., (2003). Mutualists with attitude: coevolving fig wasps and figs. *Trends in Ecology and Evolution* (18), 241–248.
- Corbet, S.A. (2000). Butterfly nectaring flowers: butterfly morphology and flower form. *Entomologia Experimentalis et Applicata* (96), 289–298.

Dohzono, I., Takami, Y. & Suzuki, K. (2011). Is bumblebee foraging efficiency mediated by morphological correspondence to flowers? International Journal of Insect Science, Original Research (3), 1-10.

Duara, P. & Kalita, J. (2013). An investigation on the pollinating insects of medicinally important plants. International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research, volume 2, number 1.

Everaars, J. (2012). The response of solitary bees to landscape configuration with focus on body size and nest-site preference. Phd dissertation. Faculty of Natural Sciences, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Netherlands.

Favato, A.A.; Andrian, I.F. (2009). *A importância da polinização por insetos na manutenção dos recursos naturais*. Colégio estadual Marechal Arthur da Costa e Silva. Santa Fé. Brasil.

Flora-On: Flora de Portugal Interactiva. (2014). Sociedade Portuguesa de Botânica. www.flora-on.pt. Consulta efectuada em 2-5-2015.

Forup, M. L., Henson, K. E., & Memmott, J. (2008) The restoration of ecological interactions: plant pollinator networks on ancient and restored heathlands. *Journal of Applied Ecology* (45), 742-752.

Frankie, G.W.; Thorp, R.W. (2003). *Pollination and Pollinators*. (pp. 919-926). In *Encyclopedia of Insects*. Academic Press (ed). University of California. USA.

Fukuda, T., Suzuki, K. & Murata, J. (2001). The function of each sepal in pollinator behavior and effective pollination in *Aconitum japonicum* var. *montanum*. *Plant Species Biology* (16), 151–157.

Garratt, M.P.D., Breeze, T., Jenner, N., Polce, C., Biesmeijer, J.C. & Potts, S.G. (2014). Avoiding a bad apple: insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (184), 34-40.

Glaettli, M. & Barrett, S. (2008). Pollinator responses to variation in floral display and flower size in dioecious *Sagittaria latifolia* (Alismataceae). *New Phytologist Research* (179), 1193-1201.

Gómez, J., Bosch, J., Perfectti, F., Fernández, J., Abdelaziz, M. & Camacho, J. (2008). Spatial variation in selection on corolla shape in a generalist plant is promoted by the preference patterns of its local pollinators. *Proceedings Royal Society* (275), 2241-2249.

Grimaldi, D. & Engel, M.S. (2005). *Evolution of the Insects*. American Museum of Natural History, University of Kansas. Cambridge University Press. USA.

Harder, L.D. (1983). Functional differences of the proboscides of short- and long-tongued bees (Hymenoptera, Apoidea). *Canadian Journal of Zoology* (61), 1580–1586.

Harder, L. (1985) Morphology as a predictor of flower choice by bumble bees. *Ecology* 66:198-210.

Harder, L. (1988). Choice of individual flowers by bumble bees: Interaction of morphology, time and energy. *Behaviour*, volume 104, pp 60-76. Toronto, Canada.

Harder, L.D. (1998). Pollen-size comparisons among animal-pollinated angiosperms with different pollination characteristics. *Biological Journal of the Linnean Society* 64 (4): 513-525.

Herrera, C.M. (1987) Components of pollinator "quality": comparative analysis of a diverse insect assemblage. *Oikos* (50), 79-90.

Herrera, C. M. (1996). Floral traits and plant adaptation to insect pollinators: a devil's advocate approach. In D. G. Lloyd, & S. C. Barret (Edits.), *Floral Biology: Studies on Floral Evolution in Animal-Pollinated Plants* (pp. 65-87). New York: Chapman & Hall.

Howlett, B.G., Walker, M.K., Rader, R., Butler, R.C., Newstrom-Lloyd, L.E. & Teulon, D.A.J. (2011). Can insect body pollen counts be used to estimate pollen deposition on pak choi stigmas? *New Zealand Plant Protect* (64), 25–31.

I.N.E. (2013) Glossário de Termos Estatísticos (Alemão/Francês/Inglês/ Português). Lisboa, Portugal. Disponível na internet em www.ine.pt.

Inouye, D.W., Gill, D.E., Dudash, M.R., & Fenster, C.B. (1994). A model and lexicon for pollen fate. *American Journal of Botany* (81), 1517–1530.

Inouye, D.W. (2001). *Pollinators, Role of.* (pp. 723-730). In *Encyclopedia of Biodiversity volume 4*. Academic Press. University of Maryland. USA.

Jacobs, J.H., Clark, S.J., Denholm, I., Goulson, D., Stoate, C. & Osborne, J.L. (2009). Pollination biology of fruit-bearing hedgerow plants and the role of flower-visiting insects in fruit-set. *Annals of Botany* (104), 1397-1404.

Kandori, I. (2002). Diverse visitors with various pollinator importance and temporal change in the important pollinators of *Geranium thunbergii* (Geraniaceae). *Ecological Research* (17), 283-294.

Krenn, H.W., (1998). Proboscis sensilla in *Vanessa cardui* (Nymphalidae, Lepidoptera)—functional morphology and significance in flowerprobing. *Zoomorphology* (118), 23–30.

Krenn, H.W., Plant, J.D. & Szucsich, N.U. (2005). Mouthparts of flower-visiting insects. Review. *Arthropod Structure & Development* (34), 1-40.

Krenn, H.W. (2010). Feeding mechanisms of adult Lepidoptera: structure, function, and evolution of the mouthparts. *The Annual Review of Entomology* (55), pp 307-327.

Losey, J.E. & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. BioScience, volume 56, number 4, pp 311-323.

Meyer, J.R. (2007). “*The impact of insects*”, General Entomology. Department of Entomology. NC State University. Accessed March 10, 2015 at <http://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/text01/impact1.html>.

Michener, C.D. (2007). The Bees of the World, Second Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, U.S.A.

Nabhan, G. P. & Buchmann, S. L. (1997). Services provided by pollinators. In G. C. Daily (Ed.), Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems (pp. 133-150). Washington DC: Island.

Nicholls, C.I. & Altieri, M.A. (2012). Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. Agronomy for Sustainable Development.

Nilsson, L.A., (1988). The evolution of flowers with deep corolla tubes. Nature (334), 147–149.

Nilsson, L. A. (1998). Deep Flowers for long tongues. TREE (13), 259-260.

Nienhuis, C.M. & Stout, J.C. (2009). Effectiveness of native bumblebees as pollinators of the alien invasive plant *Impatiens glandulifera* (Balsaminaceae) in Ireland. Journal of Pollination Ecology (1), 1-11.

O'Neill, R.P. & O'Neill, K.M. (2011). Pollen load composition and size in the leaf cutting bee *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). Apidologie 42 (2), pp. 223-233.

Partap, U. (2012). Honeybees in mountain agriculture. In Insect as Allies, Leisa India Magazine (14) n°1, 5-8.

PMDFCI, (2008) *Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios 2008-2012*, Gabinete Técnico Florestal Municipal de São Brás de Alportel, Caderno II.

Powell, J.A. (2003). *Lepidoptera (Moths, Butterflies)*. (pp. 631-663). In *Encyclopedia of Insects*. Academic Press (ed). University of California. USA.

Rader, R., Howlett, B.G., Cunningham, S.A., Westcott, D.A., Newstrom-Lloyd, L.E., Walker, M.K., Teulon, D.A.J., Edwards, W. (2009). Alternative pollinator taxa are equally efficient, but not as effective as the honeybee in a mass flowering crop. Journal of Applied Ecology 46: 1080-1087.

Rodriguez-Rajo, F.J., Mendez, J. & Jato, V. (2005). Airborne Ericaceae Pollen Grains in the Atmosphere of Vigo (Northwest Spain) and Its Relationship with Meteorological Factors. Journal of Integrative Plant Biology, 45 (7): pp. 792-800. Ourense, Spain.

Sahli, H.F. & Conner, J.K. (2007). Visitation, effectiveness, and efficiency of 15 genera of visitors to wild radish, *Raphanus raphanistrum* (Brassicaceae). American Journal of Botany (94), 203-209.

Santos-Gally, R., Perez-Barrales, R., Simon, V. & Arroyo, J. (2012). The role of short-tongued insects in floral variation across the range of a style-dimorphic plant. Annals of Botany. Department of PlantBiology and Ecology, University of Seville, Spain.

Simms, E.L. (2001). *Plant-Animal Interactions*. (pp. 601-619). In *Encyclopedia of Biodiversity volume 4*. Academic Press. University of California Botanical Garden. USA.

Simon-Porcar, V., Santos-Gally, R. & Arroyo, J. (2013). Long-tongued insects promote disassortative pollen transfer in style-dimorphic *Narcissus papyraceus* (Amaryllidaceae). Journal of Ecology. University of Seville, Spain.

Stang, M., Klinkhamer, P.G.L. & van der Meijden. (2006). Size constraints and flower abundance determine the number of interactions in a plant–flower visitor web. Oikos 112: 111-121.

Stout, J.C. (2000). Does size matter? Bumblebee behavior and the pollination of *Cytisus scoparius L.* (Fabaceae). Apidologie (31), 129–139.

Tepedino, V. J., Sipes, S.D. & Griswold, T.L. (1999). "The reproductive biology and effective pollinators of the endangered beardtongue *Penstemon penlandii* (Scrophulariaceae)". Plant Systematics and Evolution (219), pp 39-54.

Tepedino, V.J., Bowlin, W.R. & Griswold, T.L. (2011). Diversity and pollination value of insects visiting the flowers of a rare buckwheat (*Eriogonum pelinophilum*: Polygonaceae) in disturbed and “natural” areas. Journal Pollination Ecology 4(8), pp. 57–67.

Thomson, J.D. (1986). Pollen transport and deposition by bumble bees in *Erythronium*: Influences of floral nectar and bee grooming. The Journal of Ecology, Volume 74, No. 2, pp. 329-341. State University of New York at Stony Brook, U.S.A.

Thompson, J.D. (1994). The coevolutionary process. Chicago,USA: The University of Chicago Press.

Thorp, R.W. (1979). Structural, behavioral, and physiological adaptations of bees (Apoidea) for collecting pollen. Annals of the Missouri Botanical Garden (66), pp. 788-812.

Thorp, R. W. (2000). The collection of pollen by bees. Plant Systematics and Evolution (222), 211–223.

Triplehorn, C.A.; Johnson, N.F. (2004). *Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects 7th Edition*. Brooks Cole, Belmont. Califórnia. U.S.A.

Vaissière, B.E.; Gallai, N.; Salles, J.M. (2010). *Assessing the impossible? Agronomic and economic impact of animal pollination in agriculture.* (p.75). In: Anais do IX encontro sobre abelhas. Ribeirão Preto. Brasil.

Vivarelli, D., Petanidou, T., Nielsen, A. & Cristofolini, G. (2011). Small-size bees reduce male fitness of the flowers of *Ononis masquillierii* (Fabaceae), a rare endemic plant in the northern Apennines. *Botanical Journal of the Linnean Society* (165), 267-277.

Waser, N. M., Chittka, L., Price, M. V., Williams, N., & Ollerton, J. (1996). Generalization in pollination systems and why it matters. *Ecology* (77), 279-296.

Whittall, J.B. & Hedges, S.A. (2007). Pollinator shifts drive increasingly long nectar spurs in columbine flowers. *Nature, Letters* (447), 706-712.

Willmer, P.G. & Stone, G.N. (2004). Behavioral, ecological, and physiological determinants of the activity patterns of bees. *Advances in the Study of Behavior* 34: 347-466.

Young, H.J., Dunning, D.W. & von Hasseln, K.W. (2007). Foraging behavior affects pollen removal and deposition in *Impatiens capensis* (Balsaminaceae). *American Journal of Botany* (94), 1267-1271.

Zych, M., Goldstein, J., Roguz, K. & Stpiczyńska, M. (2013). The most effective pollinator revisited: pollen dynamics in a spring-flowering herb. *Arthropod-Plant Interactions* (7), 315-322.

ANEXOS

Anexo 1 – Insetos capturados nos transectos diurnos.

Locais de estudo	Taxon	Total	Ordem
F1 37 insetos capturados	<i>Amblyptilia acanthadactyla</i> <i>Andrena sp.</i> <i>Apis mellifera</i> Elateridae Empididae Meloidae <i>Oxythyrea funesta</i> <i>Protaetia opaca</i> Tenebrionidae	1 1 2 1 1 4 18 1 8	Lepidoptera Hymenoptera Hymenoptera Coleoptera Diptera Coleoptera Coleoptera Coleoptera
F2 42 insetos capturados	<i>Andrena sp.</i> <i>Apis mellifera</i> Bombyliidae <i>Bombus hortorum</i> <i>Bombus terrestris</i> <i>Lasioglossum sp.</i> Oedemeridae <i>Oxythyrea funesta</i> Tenebrionidae Tortricidae <i>Tropinota squalida</i>	1 3 1 2 2 2 1 20 8 1 1	Hymenoptera Hymenoptera Diptera Hymenoptera Hymenoptera Hymenoptera Coleoptera Coleoptera Coleoptera Lepidoptera Coleoptera
F3 32 insetos capturados	<i>Andrena sp.</i> <i>Apis mellifera</i> Bombyliidae Empididae <i>Lasioglossum sp.</i> <i>Melanargia ines</i> Meloidae Oedemeridae <i>Oxythyrea funesta</i> Syrphidae Tenebrionidae <i>Xylocopa sp.</i> Não identificado 1 Não identificado 2 Não identificado 3	5 7 2 1 2 1 1 1 1 1 6 1 1 1	Hymenoptera Hymenoptera Diptera Diptera Hymenoptera Lepidoptera Coleoptera Coleoptera Coleoptera Diptera Coleoptera Hymenoptera
NF1 13 insetos capturados	<i>Apis mellifera</i> Bombyliidae <i>Eucera sp.</i> Hemiptera <i>Maniola jurtina</i> Oedemeridae	4 1 1 1 1 1	Hymenoptera Diptera Hymenoptera Hemiptera Lepidoptera Coleoptera

Locais de estudo	Taxon	Total	Ordem
NF1	Tenebrionidae	2	Coleoptera
	<i>Vespula germanica</i>	1	Hymenoptera
	Não identificado 5	1	
NF2 24 insetos capturados	<i>Andrena sp.</i>	1	Hymenoptera
	<i>Apis mellifera</i>	4	Hymenoptera
	<i>Dasytidae MT1</i>	2	Coleoptera
	Elateridae	4	Coleoptera
	Malachiidae	1	Coleoptera
	<i>Melanargia ines</i>	1	Lepidoptera
	Oedemeridae	1	Coleoptera
	<i>Oxythyrea funesta</i>	1	Coleoptera
	Tenebrionidae	6	Coleoptera
	<i>Tropinota squalida</i>	3	Coleoptera
NF3 34 insetos capturados	<i>Andrena sp.</i>	1	Hymenoptera
	<i>Apis mellifera</i>	10	Hymenoptera
	<i>Aspitates ochrearia</i>	1	Lepidoptera
	Bombyliidae	1	Diptera
	Elateridae	3	Coleoptera
	<i>Euchloe crameri</i>	1	Lepidoptera
	Malachiidae	2	Coleoptera
	<i>Maniola jurtina</i>	1	Lepidoptera
	Neuroptera	1	Neuroptera
	Oedemeridae	1	Coleoptera
	<i>Oxythyrea funesta</i>	8	Coleoptera
	<i>Protaetia opaca</i>	1	Coleoptera
	Tenebrionidae	2	Coleoptera
	Não identificado 6	1	

Total 182

Anexo 2 – Insetos capturados nas armadilhas noturnas.

Locais de estudo	Taxon	Total	Ordem
F1 17 insetos capturados	<i>Acrobasis obliqua</i> <i>Agrotis catalaunensis</i> Lepidoptera <i>Mythimna sicula</i> <i>Phycitodes saxicola</i> <i>Rhoptria asperaria</i> <i>Stibaromacha ratella</i> <i>Trichiura ilicis</i>	2 2 1 1 1 3 1 6	Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera
F2 13 insetos capturados	<i>Agrotis segetum</i> <i>Ammopolia witzemannii</i> <i>Aporophyla nigra</i> <i>Ophion sp.</i> <i>Pachycnemia hippocastanaria</i> <i>Rhoptria asperaria</i> <i>Xylocampa areola</i>	1 1 3 2 2 3 1	Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Hymenoptera Lepidoptera Lepidoptera
F3 8 insetos capturados	<i>Acrobasis obliqua</i> <i>Agrotis sp.</i> <i>Dyspessa ulula</i> <i>Eilema caniola</i> <i>Menophra abruptaria</i> <i>Rhoptria asperaria</i> <i>Trichiura ilicis</i>	2 1 1 1 1 1 1	Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera
NF1 33 insetos capturados	<i>Agrotis puta</i> <i>Calophasia platyptera</i> <i>Chemerina caliginearia</i> <i>Chesias rufata</i> <i>Dyscia penulataria</i> <i>Ethmia bipunctella</i> <i>Eudonia angustea</i> Lepidoptera <i>Ophion sp.</i> <i>Pachycnemia hippocastanaria</i> <i>Peridroma saucia</i> Pyralidae <i>Trichiura ilicis</i> <i>Vespa crabro</i> <i>Watsonalla uncinula</i> <i>Xylocampa areola</i>	5 1 5 2 2 1 1 1 4 2 2 1 1 2 1 1 2	Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Hymenoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera Hymenoptera Lepidoptera Lepidoptera
NF2 20 insetos capturados	<i>Acrobasis obliqua</i> <i>Adactylotis gesticularia</i> <i>Agonopterix sp.</i>	2 1 1	Lepidoptera Lepidoptera Lepidoptera

Locais de estudo	Taxon	Total	Ordem
NF2	<i>Agrotis puta</i>	2	Lepidoptera
	<i>Dyscia penulataria</i>	1	Lepidoptera
	<i>Hecatera weiss</i>	1	Lepidoptera
	Lepidoptera	1	Lepidoptera
	<i>Ophion sp.</i>	2	Hymenoptera
	<i>Orthosia cerasi</i>	1	Lepidoptera
	<i>Phycitodes saxicola</i>	2	Lepidoptera
	<i>Rhoptria asperaria</i>	2	Lepidoptera
	<i>Synthimia fixa</i>	3	Lepidoptera
	Não identificado 7	1	
NF3	<i>Acrobasis obliqua</i>	7	Lepidoptera
52 insetos capturados	<i>Agrotis catalaunensis</i>	1	Lepidoptera
	<i>Agrotis puta</i>	2	Lepidoptera
	<i>Aporophyla nigra</i>	3	Lepidoptera
	<i>Caradrina clavipalpis</i>	2	Lepidoptera
	<i>Chemerina caliginearia</i>	1	Lepidoptera
	<i>Chloantha hyperici</i>	2	Lepidoptera
	<i>Coleophora sp.</i>	1	Lepidoptera
	<i>Dyscia penulataria</i>	2	Lepidoptera
	<i>Eilema caniola</i>	3	Lepidoptera
	Ephemeroptera	2	Ephemeroptera
	<i>Eudonia angustea</i>	1	Lepidoptera
	<i>Mythimna sicula</i>	3	Lepidoptera
	Noctuidae	1	Lepidoptera
	<i>Nola subchlamydula</i>	1	Lepidoptera
	<i>Ophion sp.</i>	1	Hymenoptera
	<i>Pachycnemia hippocastanaria</i>	1	Lepidoptera
	<i>Polymixis flavineta</i>	1	Lepidoptera
	<i>Recoropha canteneri</i>	1	Lepidoptera
	<i>Rhodometra sacraria</i>	1	Lepidoptera
	<i>Rhoptria asperaria</i>	9	Lepidoptera
	<i>Trichiura ilicis</i>	3	Lepidoptera
	<i>Udea ferrugalis</i>	1	Lepidoptera
	<i>Udea numeralis</i>	1	Lepidoptera
	Não identificado 4	1	

Total

143

Anexo 3 – Lista dos insetos vetores de pólen.

TAXON	TOTAL DE INDIVÍDUOS	TOTAL DE INDIVÍDUOS COM PÓLEN	Nº DE ESPÉCIES DE PÓLEN	Nº GRÃOS DE PÓLEN TOTAL	COMPRIMENTO DO CORPO DO INSETO (CM)	ENVERGADURA DAS ASAS DO INSETO (CM)	COMPRIMENTO DA PROBÓSCIDE (CM)
<i>Acrobasis obliqua</i>	13	13	15	117	1,1 ± 0,03	2,4 ± 0,05	0,4 ± 0,02
<i>Adactylotis gesticularia</i>	1	1	6	19	1,5	3,5	0,5
<i>Agonopterix sp.</i>	1	1	5	15	1,0	1,9	ausente
<i>Agrotis catalaunensis</i>	3	3	5	67	1,5 ± 0,03	3,0 ± 0,09	0,7 ± 0,06
<i>Agrotis puta</i>	9	9	9	207	1,7 ± 0,05	3,3 ± 0,06	0,7 ± 0,04
<i>Agrotis segetum</i>	1	1	3	17	1,9	3,7	0,8
<i>Agrotis sp.</i>	1	1	3	7	1,6	3,4	0,8
<i>Amblyptilia acanthadactyla</i>	1	1	2	12	0,9	1,8	0,8
<i>Ammopolia witzmanni</i>	1	1	2	9	1,9	3,9	0,9
<i>Andrena sp.</i>	9	9	28	2591	1,2 ± 0,05	1,9 ± 0,09	
<i>Apis mellifera</i>	30	30	36	9518	1,4 ± 0,04	2,1 ± 0,05	
<i>Aporophyla nigra</i>	6	6	6	367	1,9 ± 0,09	3,6 ± 0,08	1,0 ± 0,08
<i>Aspitates ochrearia</i>	1	1	3	13	1,4	3,2	0,4
<i>Bombus hortorum</i>	2	2	6	5387	2,0 ± 0,05	2,7 ± 0,25	
<i>Bombus terrestris</i>	2	2	4	4959	2,1 ± 0,40	3,3 ± 0,75	
<i>Bombyliidae</i>	5	5	22	298	1,1 ± 0,03	2,2 ± 0,07	
<i>Calophasia platyptera</i>	1	1	3	45	1,5	2,9	1,1
<i>Caradrina clavipalpis</i>	2	2	1	7	1,3 ± 0,00	2,9 ± 0,15	0,5 ± 0,00
<i>Chemerina caliginearia</i>	6	6	9	172	1,8 ± 0,12	4,1 ± 0,03	0,8 ± 0,02
<i>Chesias rufata</i>	2	2	4	376	1,5 ± 0,35	3,1 ± 0,15	0,6 ± 0,10
<i>Chloantha hyperici</i>	2	2	3	25	1,5 ± 0,05	2,9 ± 0,10	1,0 ± 0,00
<i>Coleophora sp.</i>	1	1	1	2	0,5	1,0	0,2
<i>Dasytidae MT1</i>	2	2	6	69	0,8 ± 0,15	1,0 ± 0,10	
<i>Dyscia penulataria</i>	5	5	6	88	1,9 ± 0,06	3,8 ± 0,09	ausente
<i>Dyspessa ulula</i>	1	1	4	20	1,1	2,0	ausente
<i>Eilema caniola</i>	4	4	7	40	1,5 ± 0,13	3,5 ± 0,03	0,7 ± 0,00
<i>Elateridae</i>	8	8	23	462	0,6 ± 0,03	0,8 ± 0,04	
<i>Empididae</i>	2	2	15	606	1,0 ± 0,00	1,9 ± 0,05	
<i>Ephemeroptera</i>	2	2	2	5	1,0 ± 0,05	1,9 ± 0,15	
<i>Ethmia bipunctella</i>	1	1	3	13	1,1	2,6	0,3
<i>Eucera sp.</i>	1	1	6	1424	1,3	2,4	
<i>Euchloe crameri</i>	1	1	3	15	2,0	4,5	0,7
<i>Eudonia angustea</i>	2	2	3	32	0,7 ± 0,00	1,6 ± 0,05	0,4
<i>Hecatera weiss</i>	1	1	4	8	1,5	3,1	0,4
<i>Hemiptera</i>	1	1	14	158	1,5	2,3	
<i>Lasioglossum sp.</i>	4	4	8	427	0,9 ± 0,07	1,4 ± 0,13	

Taxon	Total de indivíduos	Total de indivíduos com pólen	Nº de espécies de pólen	Nº grãos de pólen Total	Comprimento do corpo do inseto (cm)	Envergadura das asas do inseto (cm)	Comprimento da probóscide (cm)
Lepidoptera	3	3	9	44	1,3 ± 0,29	2,9 ± 0,38	0,5 ± 0,18
Malachiidae	3	3	7	84	0,7 ± 0,04	0,9 ± 0,04	
<i>Maniola jurtina</i>	2	2	14	291	2,0 ± 0,00	5,1 ± 0,10	0,8 ± 0,20
<i>Melanargia ines</i>	2	2	17	480	1,9 ± 0,05	5,6 ± 0,10	1,0 ± 0,20
Meloidae	5	5	16	549	1,3 ± 0,13	1,9 ± 0,15	
<i>Menophra abruptaria</i>	1	1	2	10	1,6	3,2	0,5
<i>Mythimna sicula</i>	4	4	4	45	1,6 ± 0,11	3,0 ± 0,12	0,6 ± 0,02
Neuroptera	1	0	0	0	1,2	2,4	
Noctuidae	1	0	0	0	2,7	4,2	0,9
<i>Nola subchlamydula</i>	1	1	1	3	0,6	1,7	ausente
Oedemeridae	5	5	20	338	0,9 ± 0,12	1,1 ± 0,16	
<i>Ophion sp.</i>	9	8	4	53	1,5 ± 0,10	2,4 ± 0,16	
<i>Orthosia cerasi</i>	1	1	3	12	1,6	3,4	0,7
<i>Oxythyrea funesta</i>	48	48	21	4686	1,1 ± 0,02	1,6 ± 0,02	
<i>Pachycnemia hippocastanaria</i>	5	5	6	42	1,4 ± 0,11	3,2 ± 0,25	0,6 ± 0,03
<i>Peridroma saucia</i>	2	2	6	151	2,1 ± 0,00	4,3 ± 0,00	0,9 ± 0,10
<i>Phycitodes saxonica</i>	3	3	12	58	0,8 ± 0,07	1,5 ± 0,17	0,3 ± 0,10
<i>Polymixis flavidineta</i>	1	1	1	1	0,0	0,0	0,0
<i>Protaetia opaca</i>	2	2	9	112	1,8 ± 0,30	2,4 ± 0,20	
Pyralidae	1	0	0	0	1,5	2,2	0,0
<i>Recoropha canteneri</i>	1	1	6	437	0,6	0,8	0,2
<i>Rhodometra sacraria</i>	1	1	5	19	1,4	2,7	0,8
<i>Rhoptria asperaria</i>	18	14	12	505	1,2 ± 0,04	2,7 ± 0,05	0,5 ± 0,02
<i>Stibaromacha ratella</i>	1	1	3	8	0,8	1,5	ausente
<i>Synthimia fixa</i>	3	3	9	46	1,3 ± 0,00	3,3 ± 0,15	0,6 ± 0,09
Syrphidae	1	1	2	15	1,2	1,7	
Tenebrionidae	32	32	30	5117	1,3 ± 0,03	1,6 ± 0,03	
Tortricidae	1	1	2	99	0,5	0,7	0,3
<i>Trichiura ilicis</i>	12	12	10	99	1,3 ± 0,03	2,5 ± 0,04	
<i>Tropinota squalida</i>	4	4	10	1295	1,3 ± 0,04	1,9 ± 0,09	
<i>Udea ferrugalis</i>	1	0	0	0	1,0	2,2	0,3
<i>Udea numeralis</i>	1	0	0	0	1,2	2,5	0,3
<i>Vespa crabro</i>	1	1	1	1	2,2	4,0	
<i>Vespula germanica</i>	1	0	0	0	1,8	2,5	
<i>Watsonalla uncinula</i>	1	1	1	2	1,0	3,0	0,4
<i>Xylocampa areola</i>	3	3	5	135	1,8 ± 0,12	3,0 ± 0,25	0,7 ± 0,06
<i>Xylocopa sp.</i>	1	1	13	357	2,5	4,7	
Não identificado 1	1	1	5	63	1,0	1,7	
Não identificado 2	1	1	5	248	0,6	1,0	
Não identificado 3	1	1	4	81	0,5	0,8	

Taxon	Total de indivíduos	Total de indivíduos com pólen	Nº de espécies de pólen	Nº grãos de pólen Total	Comprimento do corpo do inseto (cm)	Envergadura das asas do inseto (cm)	Comprimento da probóscide (cm)
Não identificado 4	1	1	2	5	0,4	0,8	
Não identificado 5	1	1	10	514	0,8	1,0	
Não identificado 6	1	1	9	65	0,6	0,9	
Não identificado 7	1	1	2	6	0,6	0,8	