

IMPACTES DAS VIAS RODOVIÁRIAS NA FAUNA SILVESTRE

Resumo

Apresenta-se o relatório final do projecto “Avaliar o impacto da mortalidade em populações de vertebrados em estradas do Alto Alentejo, e sua relação com o uso de passagens hidráulicas”, realizado pela Universidade de Évora para a Estradas de Portugal, E.P.E.

Neste relatório é reunida toda a informação recolhida para responder aos objectivos estabelecidos, nomeadamente avaliar a utilização de passagens hidráulicas pelos vertebrados no cruzamento de rodovias; avaliar o impacto da mortalidade em populações de vertebrados em estradas do Alto Alentejo, e sua relação com o uso de passagens hidráulicas; e avaliar a importância das características da paisagem e das estradas na mortalidade de vertebrados por atropelamento, recorrendo a técnicas de análise uni e multivariada e SIG (Sistemas de Informação Geográfica), sendo feita uma análise e discussão para cada componente.

Os resultados indicam que diversas espécies usam regularmente as PHs para cruzar as estradas, embora haja evidências que o efeito mitigador nos impactes negativos das estradas, nomeadamente a morte por atropelamento, seja reduzido.

O uso de modelos probabilísticos permitiu prever a localização de pontos com maior mortalidade de anfíbios nas estradas, o que possibilitará a racionalização e gestão de recursos para a correcta aplicação de medidas de minimização em locais mais problemáticos, maximizando a sua eficácia.

Sugere-se a instalação de estruturas específicas em certos pontos de maior mortalidade, e de estruturas que encaminhem os animais para as passagens.

Agradecimentos

Agradece-se à Dra. Graça Garcia da EP-E.P.E. todo o apoio fornecido à equipa da Universidade de Évora e às Dr^{as}. Clara Grilo e Clara Silva, pela disponibilidade dos dados relativos ao atropelamento de carnívoros.

ÍNDICE DE CONTEÚDOS

1. Introdução	1
2. Enquadramento	1
2.1. Fragmentação dos habitats.....	2
2.2. Mortalidade por atropelamento.....	3
2.3. Conectividade da paisagem	5
2.4. A importância das passagens hidráulicas.....	6
3. Objectivos do trabalho	7
4. Área de estudo	8
5. Avaliação da utilização de passagens hidráulicas pelos vertebrados no cruzamento de rodovias.....	10
5.1. Metodologia	10
Área de estudo	10
Uso das passagens por vertebrados.....	10
Espécies e grupos faunísticos	11
Variáveis ambientais.....	11
Análise dos dados	15
5.2. Resultados	16
Uso das PHs	16
Variação sazonal	18
Influência das variáveis ambientais	20
PHs menos usadas por carnívoros	25
5.3. Discussão	26

6. Avaliação do impacte da mortalidade em populações de vertebrados em estradas do Alto Alentejo, e sua relação com o uso de passagens hidráulicas	31
6.1. Metodologia	31
Área de estudo	31
Grupos amostrados	31
Métodos de amostragem	31
Identificação dos animais.....	32
6.2. Análise dos dados	32
Pontos negros de mortalidade	32
Relação da mortalidade com o uso das passagens hidráulicas	33
6.3. Resultados	34
Monitorização da mortalidade	34
Anfíbios	34
Mamíferos carnívoros	36
Pontos negros de mortalidade	37
Anfíbios	37
Mamíferos carnívoros	37
Relação da mortalidade por atropelamento com a presença de passagens hidráulicas.....	38
Anfíbios	38
Mamíferos carnívoros	39
6.4. Discussão	41
7. Avaliação da importância das características da paisagem e das estradas na mortalidade de vertebrados por atropelamento.....	45
7.1. Introdução	45
7.2. Metodologia	46

Análise de dados	46
Variáveis ambientais.....	47
7.3. Resultados	48
Análise univariada	48
Análise multivariada	49
Modelo de distribuição de locais com maior abundância de anfíbios	49
Modelo de distribuição de rã-de-focinho-pontiagudo.....	49
Aplicação dos modelos na EN2	50
7.4. Discussão	53
8. Discussão final	56
Refrências bibliográficas	58
Anexos	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1 – Variáveis ambientais referentes ao desenho e localização das 34 passagens hidráulicas (PHs) monitorizadas, 17 na M370 e 17 no IP2, código, tipo de variável, e os respectivos seus valores mediana, máximo e mínimo.	12
Tabela 5.2a – Caracterização de cada PH da M370 monitorizada, de acordo com as variáveis ambientais referidas na tabela 5.1. P-presente, N-Ausente. (ver tabela 5.1 para nomes de variáveis).....	13
Tabela 5.2b – Caracterização de cada PH do IP2 monitorizada, de acordo com as variáveis ambientais referidas na tabela 5.1. P-presente, N-Ausente (ver tabela 5.1 para nomes de variáveis).....	14
Tabela 5.3 – Uso das PHs expresso em número e percentagem de atravessamentos (NA), e por estrada o número de PHs onde o <i>taxon</i> foi detectado (NP), o valor médio do índice de passagem (MCR) e respectivos desvio-padrão (SD) e valores máximo (Max) e mínimo (Min). As diferenças no MCR entre estrada foram avaliadas pelo teste U de Mann-Whitney (MW). Diferenças significativas estão sublinhadas; os símbolos * e ** representam $p < 0.05$ e $p < 0.01$, respectivamente. ^(§) Espécie incluída no Anexo II da Directiva Habitats.	17
Tabela 5.4 – Resultados dos testes de chi-quadrado (χ^2), e respectivo valor de significância (p), entre o número de PHs usadas por cada <i>taxon</i> , nas três estações do ano (Primavera, verão e Outono).	19
Tabela 5.4 – Valores de correlação entre as variáveis ambientais e os eixos das espécies, da análise de correspondência canónica.	23
Tabela 5.5 – Resultados dos testes de correlação de Spearman entre os índices de uso das PHs e variáveis ambientais. N=34 para todas as análises. Diferenças significativas estão sublinhadas; os símbolos * e ** representam $p < 0.05$ e $p < 0.01$, respectivamente. CM – Comprimento da PH; AS – Área da secção da PH; OP – <i>Openness</i> da PH, DP – Distância vertical da PH ao pavimento; CC – Presença de caixas colectoras; VC- Presença de vegetação a cobrir a boca da passagem; TA – Terreno aberto; MsM –	

Montado sem matos, MSh – Montado com matos; OL – Olival; DAU – Distancia a áreas urbanas; Pu – Probabilidade de uso. Ver texto e tabela 1 para detalhes sobre as variáveis.	24
Tabela 6.1 – Número de anfíbios observados nas saídas nocturnas realizadas na M370.....	34
Tabela 6.2 – Número de observações de anfíbios, por espécie, detectados nas saídas nocturnas realizadas na M370. Para cada espécie está indicada o estatuto de conservação, de acordo com o novo livro vermelho dos vertebrados (Cabral <i>in press</i>). LC – Preocupação menor; NT – Quase Ameaçado; NE – Não Avaliado.	35
Tabela 6.3 – Número de observações de carnívoros atropelados, por espécie, detectados em dois anos de amostragens realizadas no IP2 e na M370. Para cada espécie está indicada o estatuto de conservação, de acordo com o novo livro vermelho dos vertebrados (Cabral <i>in press</i>). LC – Preocupação menor; DD – Insuficiência de Dados.	36
Tabela 6.4 – Passagens hidráulicas (PHs) estudadas no IP2 utilizadas por mamíferos carnívoros para o cruzamento da rodovia (P – espécie presente), e nas imediações das quais (menos de 500m) foram detectados espécimes atropelados ([M] – espécie atropelada).	39
Tabela 6.5 – Número médio de passagens presentes na proximidade (menos de 500 metros) de cada mamífero carnívoro detectado atropelado no troço do IP2 em estudo	40
Tabela 7.1. – Descritores ambientais usados nas análises de regressão logística (são indicados os respectivos códigos e tipo de variável).	48
Tabela 7.2 – Resultados dos testes de Mann-Witney (U) e significância (p) para verificar se existiam diferenças significativas entre células definidas como PNM (“PNM=1”, n=20) e as restantes células (“PNM=0”, n=52), relativamente às variáveis ambientais.....	49
Tabela 7.3 – Resumo dos modelos construídos para distribuição de locais com maior abundância de anfíbios e distribuição de rã-de-focinho-pontiagudo.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 4.1 – localização dos troços da M370 e do IP2 onde foram realizados os trabalhos de campo. O gradiente a cinzento representa a variação na altitudes.....8
- Figura 5.1 – Índices de uso da PHs, por estação, por *taxon*. Rép. – répteis, Our. – ouriço-cacheiro, Mic. – micromamíferos, Lag. – lagomorfos, Don. – doninha, Fui. – fuinha, Tex. – texugo, Gen. – geneta, Sac. – sacarrabos, Rap. – raposa.....18
- Figura 5.2 – Número de PHs usadas, por estação, por *taxon*. Rép. – répteis, Our. – ouriço-cacheiro, Mic. – micromamíferos, Lag. – lagomorfos, Don. – doninha, Fui. – fuinha, Tex. – texugo, Gen. – geneta, Sac. – sacarrabos, Rap. – raposa.....18
- Figura 5.3 – Coeficiente de variação sazonal do uso das PHs, por *taxon*. Rép. – répteis, Our. – ouriço-cacheiro, Mic. – micromamíferos, Lag. – lagomorfos, Don. – doninha, Fui. – fuinha, Tex. – texugo, Gen. – geneta, Sac. – sacarrabos, Rap. – raposa.....20
- Figura 5.4 – *Detrended correspondence analysis* (DCA) realizada com o índice de uso das 34 PHs estudadas, 17 na estrada M370 e 17 na estrada IP2. Quadrados azuis: PHs da M370; círculos laranja: PHs do IP2, losângulos vermelhos: grupos faunísticos/espécies. (ver texto para detalhes sobre a metodologia).....21
- Figura 5.5 – *Canonical correspondence analysis* (CCA) realizada com o índice de uso das 34 PHs estudadas, 17 na estrada M370 e 17 na estrada IP2, e dez variáveis ambientais (para nomes das variáveis ver tabela 5.1). Símbolos das espécies de acordo com o grupo faunístico (répteis, micromamíferos, lagomorfos, carnívoros e domésticos) (ver texto para detalhes sobre a metodologia).....22
- Figura 6.1 – Número de observações de anfíbios, mortos (linha amarela) e vivos (linha verde), por secção de estrada (200m) da M370.35
- Figura 6.2 – Número de observações de atropelamentos de anfíbios ao longo do troço da M370 em estudo, por secção. Linha laranja: valor que define a presença de um possível ponto negro de mortalidade (PNM) (n=12). Linhas a amarelo definem três zonas onde a ocorrência de atravessamentos é significativamente maior (ver texto sobre a metodologia).37

Figura 6.3 – Número de observações de atropelamentos de mamíferos carnívoros ao longo do troço do IP2 em estudo, por secção. Linha amarela: valor que define a presença de um possível ponto negro de mortalidade (n=3) (ver texto sobre a metodologia).	38
Figura 6.4 – Número de observações de atropelamentos de mamíferos carnívoros no troço do IP2 em estudo (por ordem decrescente) em relação com o número de passagens presentes (PHs, passagens inferiores, passagens superiores e viadutos), por secção.	40
Figura 7.1 – Localização da EN2 (linha) no Sítio da Serra de Monfurado (área a cinzento)...	51
Figura 7.2 – Modelo de distribuição de locais com uma abundância de anfíbios estatisticamente superior (PNM) na zona envolvente à EN2. O gradiente desenvolve-se de azul-escuro (baixa probabilidade) até vermelho escuro (alta probabilidade).	51
Figura 7.3 – Localização das secções da EN2 – círculos a verdes. Os círculos a amarelo representam as secções com uma abundância de anfíbios estatisticamente superior (PNM). É apresentado o modelo de distribuição de locais com uma abundância de anfíbios estatisticamente superior (PNM). O gradiente desenvolve-se de azul-escuro (baixa probabilidade) até vermelho escuro (alta probabilidade).....	52
Figura 7.4 – Modelo de de distribuição de rã-de-focinho-pontiagudo na zona envolvente à EN2. O gradiente desenvolve-se de azul-escuro (baixa probabilidade) até vermelho escuro (alta probabilidade). Os pontos a verde representam as localizações de indivíduos desta espécie numa noite de observação de anfíbios (18-10-2004).....	52
Figura 7.5 – Probabilidade de ocorrência numa estrada de locais de passagem de anfíbios em número estatisticamente superior, em função da distância a massas de água.	55

IMPACTES DAS VIAS RODOVIÁRIAS NA FAUNA SILVESTRE

1. Introdução

O presente documento corresponde ao relatório final ao abrigo do protocolo “Avaliar o impacto da mortalidade em populações de vertebrados em estradas do Alto Alentejo, e sua relação com o uso de passagens hidráulicas”.

A equipa que integrou este projecto foi constituída pelo Prof. António Mira (coordenador) e Fernando Ascensão, da Unidade de Biologia da Conservação, Universidade de Évora.

2. Enquadramento

Durante os últimos séculos a paisagem tem sofrido alterações marcantes, das quais a rede rodoviária constitui um dos exemplos mais radicais e visíveis (Saunders et al. 1991; Forman 2000; Trocmé et al. 2003).

A construção de novas vias rodoviárias principais e secundárias, particularmente intensa no último século, permitiu a expansão da rede até às mais remotas áreas naturais remanescentes, resultando muitas vezes na disjunção das relações ecológicas (Bekker 2002; Trocmé et al. 2003).

Diversos estudos têm demonstrado que a presença das estradas é prejudicial tanto às movimentações como à sobrevivência dos vários grupos animais, sejam invertebrados (e.g. Haskell 2001), anfíbios (e.g. Carr & Fahrig 2001), répteis (e.g. Gibbs & Shriver 2002), aves (e.g. Kuitunen et al. 1998) ou mamíferos (e.g. Philcox et al. 1999). Os impactes negativos na fauna manifestam-se desde a fase de construção, prolongando-se depois pela fase de exploração num leque variado de efeitos, tais como a modificação do comportamento, alteração do ambiente físico, alteração do ambiente químico, dispersão de espécies exóticas, intensificação da presença humana e mortalidade por atropelamento (Spellerberg 1998; Trombulak & Frissel 2000).

Com a crescente exigência de mais e melhores vias de comunicações pela sociedade, o conflito entre as estradas e o ambiente será cada vez mais intenso caso não se tomem medidas urgentes de planificação. Estamos então perante um desafio, o de adaptar as actuais e futuras redes rodoviárias a um sistema sustentável, que permita mitigar e corrigir os efeitos negativos das rodovias, em especial a fragmentação dos habitats (De Vries & Damarad 2002).

Este trabalho abordou três aspectos fundamentais que assumem uma importância central em ecologia de estradas: a fragmentação dos habitats, a mortalidade por atropelamento e a conectividade.

2.1. Fragmentação dos habitats

A fragmentação dos habitats naturais tem sido reconhecida como um factor que contribui significativamente para o declínio da biodiversidade. Diversos estudos demonstraram que as estradas, a par da intensificação agrícola e da urbanização, podem causar um grau de fragmentação bastante elevado (Bekker 2002).



Fragmentação da paisagem por estradas (foto: Damarad & Bekker)

A fragmentação pode ser descrita como a divisão de extensas áreas de habitat outrora contíguo, em pequenas e isoladas parcelas (Forman & Alexander 1998; Bekker, 2002; Farrall et al. 2002; Seiler 2002). Segundo Saunders et al. (1991) a fragmentação produz dois efeitos principais: alteração do microclima (fluxo de radiação, vento, hidrodinamismo) e isolamento das parcelas, onde a quebra na conectividade é um dos mais importantes impactes na fauna silvestre.

Por outro lado, a presença das estradas pode provocar em certos grupos animais um efeito de barreira e o consequente isolamento de populações, ao impedir as migrações diárias ou

sazonais (Mader 1984; Fahrig & Merriam 1994). Outros factores que contribuem para a fragmentação pelas vias rodoviárias são o crescente ruído, poluição, etc. Como resultado, as populações tornam-se dependentes de parcelas muito pequenas de habitat semi-natural, ou são obrigadas a cruzar uma ou mais vias rodoviárias nas suas migrações diárias ou sazonais, com os consequentes riscos de atropelamento.

2.2. Mortalidade por atropelamento

A mortalidade dos vertebrados por atropelamento constitui um dos impactes mais visíveis e quantificáveis do tráfego automóvel nas comunidades animais, tendo sido objecto de estudo por vários autores em diversos países (e.g. Hodson 1960; Oxley et al. 1974; Philcox et al. 1999; Ascensão 2001a; Carr & Fahrig 2001; Gibbs & Shriver 2002; Seiler 2003).



Geneta (*genetta genetta*) atropelada no IP2

Verificou-se na maioria destes trabalhos a existência dos chamados pontos negros – locais ou troços de estrada cuja mortalidade era significativamente superior num ou mais grupos faunísticos, relativamente ao restante percurso em estudo. Isto levanta a questão de haver características da paisagem e/ou das estradas que influenciam a passagem dos animais e consequente mortalidade. Deste modo, é urgente a compreensão das relações entre a paisagem envolvente à estrada e os padrões de mortalidade dos vertebrados. Somente assim se poderão aplicar medidas de minimização quer no desenho de novas vias rodoviárias, quer na correcção de troços existentes.

Também importante é o facto de a principal causa de mortalidade não natural para os carnívoros com estatuto de conservação mais elevado ser a mortalidade por atropelamento. É o caso do gato-bravo (*Felis silvestris*) ou lince-ibérico (*Linx pardinus*), espécies com áreas vitais bastante extensas e para as quais a implementação de passagens de fauna seguras para

estes animais é uma parte importante no seu plano de conservação em Espanha (Rosell et al. 2002).

Particularmente relevante é o efeito da mortalidade em anfíbios. Numa altura em que se discute o declínio dos anfíbios a nível global, o atropelamento surge como uma forte causa na contribuição desta enfermidade (Fahrig et al. 1995). De facto, em diversos trabalhos de mortalidade nas estradas, os anfíbios surgem no topo da lista (de indivíduos), englobando 70% a 80% da mortalidade global (e.g. Hels & Buchwald 2001).

Os resultados obtidos em alguns trabalhos sugerem que a mortalidade por atropelamento tem um efeito negativo significativo na densidade local de anuros, contribuindo para o declínio global de anfíbios (Fahrig et al. 1995), especialmente para as espécies que têm uma maior capacidade de dispersão (Carr & Fahrig 2001). A elevada mortalidade desta classe nas estradas é apontada como resultado de dois grandes factores: o ciclo biológico das espécies e a fragmentação dos habitats. De um modo geral, o ciclo biológico dos anfíbios desenrola-se em duas fases anuais – terrestre e aquática – o que obriga muitas espécies a realizarem migrações sazonais em busca de habitat favorável.



Sapo-comum (*Bufo bufo*)

Estas deslocações podem chegar a atingir alguns quilómetros (sapo-comum *Bufo bufo*), pelo que o cruzamento de vias rodoviárias pode constituir uma autêntica barreira intransponível (Hells & Buchwald 2001). Estes autores referem que a probabilidade de anfíbios serem atropelados varia entre 34% e 61% em estradas com tráfego menor a 3 207 veículos por dia; e 89% a 98% em auto-estradas.

Por outro lado, a fragmentação dos habitats destrói habitats favoráveis, afastando ou eliminando de uma forma bastante acelerada as populações. Esta distância pode quebrar a

necessária conectividade indispensável à dinâmica das metapopulações, provocando o isolamento genético e a conseqüente extinção local das populações.

A Península Ibérica é hoje um importante foco de biodiversidade da herpetofauna. É urgente a coordenação entre os meios científicos, políticos e de engenharia biofísica de forma a estabelecer planos e medidas de gestão e conservação destas espécies, planos esses que têm necessariamente de passar por uma intervenção profunda e integrada na localização, traçado e desenho das infra-estruturas lineares.

2.3. Conectividade da paisagem

A conectividade pode ser definida como a capacidade da paisagem em facilitar os fluxos biológicos de organismos (Forman 1995). Este conceito é essencial na medida em que a sobrevivência das espécies em habitats fragmentados depende da sua capacidade de atravessar unidades distintas.

É então necessário promover a conectividade entre as parcelas segmentadas pelas rodovias, incentivando para isso a implementação de passagens para fauna de forma a estabelecer ou manter a comunicação entre as diversas populações, e entre estas e os diferentes habitats necessários à sua sobrevivência. Para tal é urgente a implementação de medidas que permitam a ligação entre as parcelas envolventes às estradas, particularmente pela colocação ou adaptação de passagens superiores, inferiores ou passagens hidráulicas, em número suficiente, de forma a poderem ser usados pelo maior número de espécies.



Vista do IP2 na Serra de Portel

No caso dos anfíbios, por exemplo, a bibliografia refere como distância máxima entre passagens entre 50 a 100 metros (e.g. Jackson 2003), valores certamente impossíveis de aplicar em todas as vias rodoviárias de Portugal. É então necessário o estudo aprofundado das

rotas de migração das várias espécies de anfíbios, particularmente em termos de características do terreno e tipo de habitat preferencial, a fim de implementar as medidas de minimização em locais estratégicos de uma forma cientificamente fundamentada.

2.4. A importância das passagens hidráulicas

A presença de corredores que permitam a ligação entre manchas de habitat favorável tem sido referida como uma das principais medidas no planeamento e gestão da conservação animal. A conectividade entre estas parcelas minimiza os efeitos negativos da fragmentação ao permitir a circulação de indivíduos entre diferentes populações, e com isso a estabilidade nas relações de dinâmica populacional.

Como foi referido, as estradas constituem um dos mais graves elementos de fragmentação dos habitats e populações. No entanto, as passagens hidráulicas, originalmente pensadas e desenhadas para permitir a livre circulação das águas de escorrência, poderão contribuir de forma decisiva na mitigação não só dos efeitos de fragmentação, mas também na minimização significativa dos níveis de mortalidade por atropelamento em diversas espécies.



Passagem hidráulica no IP2

Alguns estudos efectuados na Europa e América do Norte (EUA e Canadá) referem o uso regular das passagens por diversas espécies de vertebrados (Clevenger & Waltho 2000; Taylor & Goldingay 2003; Ng et al. 2004; MacDonald & Clair 2004). Estes resultados permitem sugerir, como uma medida simples de minimização da mortalidade por atropelamento, a construção de corredores ecológicos que canalizem a fauna para esses pontos, evitando o seu cruzamento pelo asfalto. Poderemos assim criar a ligação entre parcelas de habitat isoladas, ou seja, promover a troca de indivíduos entre populações isoladas e a conservação da biodiversidade (Beier & Noss 1998; Haddad 2003).

3. Objectivos do trabalho

No seguimento da situação acima descrita este trabalho pretendeu dar um contributo na compreensão dos factores que influenciam os padrões de mortalidade de vertebrados nas rodovias, particularmente a relação com características da paisagem e das estradas. Assim, os objectivos deste trabalho, de acordo com o protocolo acordado com Estradas de Portugal, EPE (EP) e a Universidade de Évora (UE), foram:

- Avaliar a utilização de passagens hidráulicas pelos vertebrados no cruzamento de rodovias;
- Avaliar o impacte da mortalidade em populações de vertebrados em estradas do Alto Alentejo, e sua relação com o uso de passagens hidráulicas;
- Avaliar a importância das características da paisagem e das estradas na mortalidade de vertebrados por atropelamento, recorrendo a técnicas de análise uni e multivariada e SIG (Sistemas de Informação Geográfica).

Para cada um destes objectivos é apresentado um capítulo explicando a respectiva metodologia, resultados e discussão. No final do relatório é feita uma discussão geral da informação recolhida e analisada.

4. Área de estudo

A área de estudo onde foram desenvolvidos os trabalhos relativos ao presente projecto estava localizada no Alentejo, nos concelhos de Évora, Montemor-o-Novo e Portel, integrando duas estradas distanciadas cerca de 35km, com características distintas a nível de tráfego e de perfil, a M370 e o IP2 (fig.1).

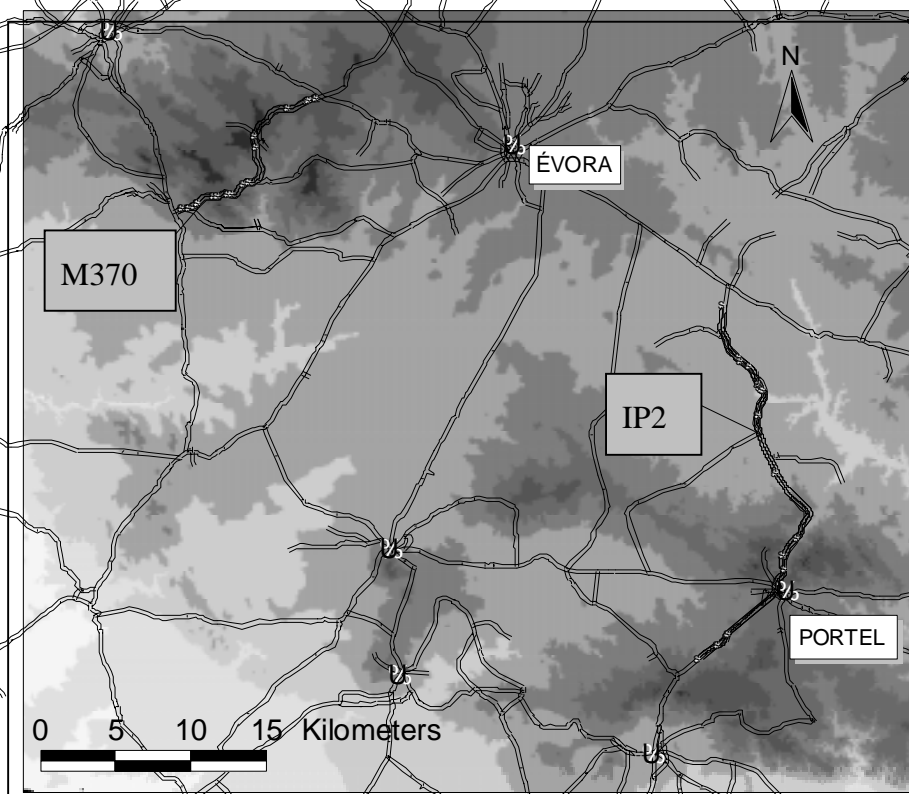
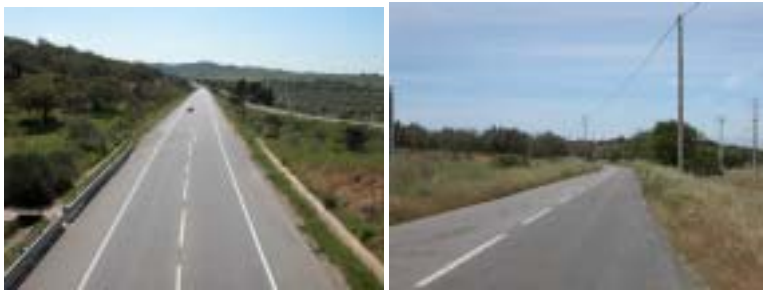


Figura 4.1 – localização dos troços da M370 e do IP2 onde foram realizados os trabalhos de campo. O gradiente a cinzento representa a variação na altitudes.

A altitude na vizinhança das estradas varia entre os 100m e os 400m acima do nível do mar. Ambas as estradas são dominadas por montado (sobreiro *Quercus suber* e azinhêira *Q. rotundifolia*), áreas abertas (pasto, sequeiro ou pousio) e olivais.

O segmento estudado da M370 (doravante assim denominado) com cerca de 15km, tem um baixo nível de tráfego médio diário (TMD), cerca 1000 veículos. Quanto ao seu perfil, esta estrada tem seis metros de largura, sem bermas, com uma faixa em cada sentido, e sem vedações (excepto pontualmente em limites de terrenos com gado). Duas povoações são cruzadas por esta estrada, Escoural no sul, e S. Sebastião da Giesteira a meio do percurso.

Na segunda estrada estudada, o IP2, os trabalhos desenrolaram-se em cerca de 30km, entre o nó com EN18/EN256 e a saída do IP2 para S.Pedro, após Portel. Esta estrada tem um TMD de 5121 veículos, 11% dos quais no período nocturno (EP-EPE, relatório não publicado de 2001). A largura desta estrada varia entre os 12 e os 20 metros, com uma faixa em cada sentido, pontualmente duas no sentido ascendente, bermas asfaltadas e vedação com malha progressiva em toda a sua extensão. Em todas as PHs estudadas a vedação não obstruía as entradas. Existem três áreas urbanas ao longo do troço, duas aldeias, S.Manços e Monte Trigo, e uma cidade, Portel. A presença humana embora maior nesta estrada está restrita principalmente aos núcleos urbanos.



Vistas sobre o IP2 e M370

5. Avaliação da utilização de passagens hidráulicas pelos vertebrados no cruzamento de rodovias

5.1. Metodologia

Área de estudo

A avaliação da utilização de passagens hidráulicas (PHs) decorreu nas duas estradas, a M370 e o IP2 (fig.4.1), tendo sido monitorizadas 34 PHs, 17 em cada estrada. No IP2 existem oito passagens aéreas e oito passagens inferiores para o tráfego, que ligam à antiga EN18 e caminhos secundários. Estes caminhos e passagens permitiram-nos alcançar ambas as entradas das PHs sem ter de parar na via de circulação. Apesar de existir um grande número de PHs ao longo de ambos os troços (n=52 na M370 e n=74 no IP2), o acesso a ambas as entradas nem sempre era possível. Assim, a selecção das PHs a estudar foi maioritariamente dependente da acessibilidade a estas.

Uso das passagens por vertebrados

Em cada boca de entrada das PHs foram colocados tapetes de “pó de pedra” com menos de 1cm de espessura e, através da análise das pegadas impressas, foram identificadas as espécies ou grupos taxonómicos que cruzaram as passagens. A monitorização foi efectuada em três estações, respectivamente Primavera, Verão e Outono de 2004, tendo cada passagem sido observada quatro vezes por cada estação (de dois em dois dias), perfazendo 12 observações e correspondendo a 24 dias de amostragem. Este esforço de amostragem foi considerado representativo do período de estudo, opinião confirmada posteriormente por Malo (2005). Caso fosse impossível ou difícil a identificação das pegadas no pó de pedra devido à escorrimento de águas ou ao vento, a amostragem era repetida até completar as 12 observações. Para cada espécie ou grupo taxonómico foi calculado o índice de uso (IU) de cada PH que corresponde ao número de dias em que a espécie ou grupo taxonómico foi detectado a cruzar a passagem, sobre o número total de dias monitorizados. O índice varia

entre zero quando não é detectado nenhum cruzamento na PH e o valor 1 quando a espécie ou *taxon* é detectado em todas as visitas. O uso deste índice evitou problemas de pseudo-replicação derivadas de amostragens múltiplas em sítios repetidos.



Tapete de pó com pegadas de vertebrados, numa PH do IP2

Espécies e grupos faunísticos

A identificação das espécies foi restringida a mamíferos. Foram também considerados outros grupos faunísticos, nomeadamente, répteis: lacertídeos e ofídeos; micromamíferos não incluindo o ouriço-cacheiro (*Erinaceus europaeus*): ratos do campo, ratazanas, microtídeos e musaranhos; lagomorfos: coelho-bravo (*Oryctolagus cuniculus*) e lebre (*Lepus granatensis*); e carnívoros cuja comunidade na área de estudo integra as espécies raposa (*Vulpes vulpes*), doninha (*Mustela nivalis*), toirão (*Mustela putorius*), fuinha (*Martes foina*), texugo (*Meles meles*), lontra (*Lutra lutra*), geneta (*Geneta geneta*), sacarrabos (*Herpestes ichneumon*) e gato-bravo (*Felis silvestris*). Os anfíbios foram excluídos das análises devido ao reduzido número de observações. De referir ainda a presença comum de javali nas áreas adjacentes (observação pessoal).

Variáveis ambientais

Para cada passagem foi feita uma descrição de variáveis ambientais referentes ao desenho da passagem e à sua localização (tabela 5.1). A caracterização de cada passagem de acordo com estas variáveis encontra-se resumida nas tabelas 5.2a e 5.2b.

Tabela 5.1 – Variáveis ambientais referentes ao desenho e localização das 34 passagens hidráulicas (PHs) monitorizadas, 17 na M370 e 17 no IP2, código, tipo de variável, e os respectivos seus valores mediana, máximo e mínimo.

	Variável	Código	Tipo	M370	IP2	
Características de desenho	Comprimento da PH (m)	CM	Numérico	9.0 (8.0 – 25.0)	19.5 (8.0 – 37.0)	
	Área da secção da PH (m ²)	AS	Numérico	0.7 (0.24 – 1.20)	0.5 (0.38 – 0.79)	
	<i>Openess</i> da PH (x 100) (m)*	OP	Numérico	7.11 (2.67-13.33)	2.72 (1.37-13.09)	
	Presença de caixas colectoras (número de PHs)	CC	Ordinal	n=2	n=3	
	Distância vertical da PH ao pavimento (m)	DP	Numérico	2.5 (1.0-7.0)	2.5 (1.7-15.0)	
	Presença de vegetação a cobrir a boca da passagem (número de PHs)	VC	Ordinal	n=14	n=7	
Características de localização	Distancia a áreas urbanas (m)	DAU	Numérico	901 (90-4116)	2310 (657-4265)	
	Uso do solo (ha)	Terreno aberto	TA	Numérico	10.06 (0.00-20.89)	13.44 (0.00-28.12)
		Montado com matos	MM	Numérico	14.10 (0.00-28.12)	0.00 (0.00-14.09)
		Montado sem matos	MsM	Numérico	0.00 (0.00-12.52)	1.17 (0.00-28.12)
		Olival	OL	Numérico	0.00 (0.00-15.18)	0.00 (0.00-25.50)
		Probabilidade de uso (x 100)	Pu	Numérico	2.02 (0.97-5.22)	1.07 (0.53-2.29)
	Tipo de estrada	TE	Nominal	-	-	

Tabela 5.2a – Caracterização de cada PH da M370 monitorizada, de acordo com as variáveis ambientais referidas na tabela 5.1. P-presente, N-Ausente. (ver tabela 5.1 para nomes de variáveis)

ID da PH	CM (m)	AS (m ²)	OP (m)	DP (m)	CC	VC	DAU (m)	TA (ha)	MM (ha)	MsM (ha)	OL (ha)	Pu (x100)
1	8	0.33	4.1	1.0	N	N	4116	12.9	0.0	0.0	15.2	0.97
2	9	0.48	5.3	1.5	N	N	3628	11.8	0.0	5.9	10.4	1.43
3	9	0.24	2.7	1.8	N	N	3485	13.4	0.0	11.1	3.5	5.22
4	8	0.39	4.9	1.0	N	P	2154	15.6	0.0	12.5	0.0	5.21
5	10	1.00	10.0	1.3	N	P	275	8.8	17.2	0.0	2.1	1.22
6	9	1.00	11.1	2.5	N	P	778	3.9	24.2	0.0	0.0	1.43
7	11	0.64	5.8	3.3	P	P	261	2.8	14.6	1.6	0.0	2.02
8	16	0.64	4.0	5.0	N	P	551	8.2	14.1	4.5	0.0	2.14
9	9	1.00	11.1	3.0	N	P	555	0.0	28.1	0.0	0.0	1.29
10	9	0.75	8.3	3.5	N	P	295	0.8	27.3	0.0	0.0	2.59
11	9	0.36	4.0	2.0	P	P	1285	13.7	14.4	0.0	0.0	1.91
12	13	1.00	7.7	5.0	N	P	1536	9.8	16.4	1.9	0.0	3.12
13	9	0.64	7.1	3.8	N	P	1246	10.5	13.3	0.0	4.3	2.14
14	21	1.00	4.8	7.0	N	P	1130	10.0	16.5	0.0	1.6	1.40
15	13	1.00	7.7	3.3	N	P	901	16.9	10.0	0.0	1.3	1.30
16	9	0.68	7.6	2.5	N	P	561	20.8	0.8	0.7	5.8	2.09
17	9	1.20	13.3	2.5	N	P	90	4.8	0.0	12.5	0.0	2.69

Tabela 5.2b – Caracterização de cada PH do IP2 monitorizada, de acordo com as variáveis ambientais referidas na tabela 5.1. P-presente, N-Ausente (ver tabela 5.1 para nomes de variáveis).

ID da PH	CM (m)	AS (m ²)	OP (m)	DP (m)	CC	VC	DAU (m)	TA (ha)	MM (ha)	MsM (ha)	OL (ha)	Pu (x100)
18	18	0.50	2.8	3.8	N	N	1780	28.1	0.0	0.0	0.0	2.28
19	16	0.79	4.9	1.7	N	N	1400	26.0	0.0	1.2	0.9	1.64
20	19	0.50	2.7	2.5	N	N	1600	22.2	0.0	5.9	0.0	0.95
21	8	0.79	13.1	2.0	N	N	2310	1.8	0.0	13.7	0.0	1.92
22	9	0.50	5.6	2.5	N	N	3490	13.4	0.0	13.8	0.0	1.40
23	23	0.50	2.2	2.5	N	N	3284	24.6	0.0	1.9	0.0	0.72
24	25	0.50	2.0	2.3	N	N	3127	26.4	0.0	0.0	0.0	0.72
25	12	0.79	6.5	2.3	N	N	2940	26.4	0.0	0.0	0.0	0.91
26	28	0.38	1.4	3.5	N	N	1366	28.1	0.0	0.0	0.0	2.16
27	26	0.50	1.9	3.5	N	P	1647	8.0	0.0	20.1	0.0	0.73
28	28	0.50	1.8	3.5	N	P	1731	5.1	0.0	23.0	0.0	0.53
29	35	0.79	2.2	10.0	P	P	2950	8.3	10.8	0.0	0.8	0.55
30	37	0.79	2.2	15.0	N	P	1494	7.1	14.1	0.5	4.4	1.00
31	20	0.50	2.6	2.8	P	P	657	0.0	2.6	0.0	25.5	1.55
32	25	0.79	3.1	5.5	N	P	4265	0.0	0.0	28.1	0.0	2.29
33	18	0.50	2.8	2.0	N	N	4080	0.0	13.9	5.2	9.0	1.07
34	16	0.50	3.1	2.5	P	P	2588	18.6	9.5	0.0	0.0	1.74

O comprimento da PH (CM) refere-se à distância, em metros, entre as bocas de entrada; a área da secção da PH (AS) refere-se à área do corte transversal da passagem; a *openness* da PH (OP) (adaptado de Yanes et al. 1995) refere-se a $(AS / CM) \times 100$; a distância vertical da PH ao pavimento (DP) refere-se à distância que separa as bocas de entrada do asfalto. Relativamente à presença de caixas colectoras (CC) não foi estudada nenhuma PH com estas estruturas em ambas as bocas de entrada. A probabilidade de uso (Pu, adaptado de Clevenger & Waltho 2005) refere-se à probabilidade de um animal usar uma dada passagem

relativamente à proximidade das passagens adjacentes, num dado troço. Esta probabilidade é tanto maior quanto maior for a distância às passagens mais próximas. Esta variável permite despistar algum possível “ruído” proveniente da densidade de passagens ao longo da estrada, que poderia confundir a interpretação dos resultados. Relativamente ao uso do solo, foi feita uma caracterização através de fotografia aérea, usando o software ArcView 3.2., com correcções no campo, num raio de 300 metros em redor de cada passagem.



Vegetação densa no prolongamento de uma PH do IP2

Análise dos dados

Para a análise dos dados, assumiu-se que cada passagem era independente relativamente aos atributos avaliados. No entanto, este pressuposto pode não se verificar na integra, uma vez que algumas passagens estavam distanciadas menos de 600m (n=9 na M370 e n=5 no IP2) havendo por isso alguma sobreposição na sua caracterização, nomeadamente o uso do solo. A média de distâncias entre si variou entre 802 metros na M370 e 1717 metros no IP2.

As diferenças de IU relacionadas com variáveis categóricas foram avaliadas através de testes de Mann-Whitney (MW) ou de Kruskal-Wallis (KW) (Zar 1999). Para variáveis numéricas foi feita uma análise de correlação de Spearman (r_s).

Para a análise multivariada foi usada a ordenação canónica. Foi usada a opção *detrended correspondence analysis* (DCA) para avaliar o grau de discriminação das PHs entre as duas estradas (Jongman et al. 1995). A opção *canonical correspondence analysis* (CCA) foi então executada com o valor dos índices de uso (IU) e as variáveis ambientais consideradas, excepto

o uso do solo do qual foi apenas seleccionado a área aberta (TA). Isto devido à forte correlação existente entre os descritores do uso do solo, e de forma a obter uma maior percentagem de variação explicada. A significância da correlação espécies-ambiente foi testada com o teste de Monte Carlo usando 499 permutações. Os eixos de ordenação foram interpretados de acordo com ter Braak (1986) e Jongman et al. (1995). Foi usado o software CANOCO for Windows versão 4.5 (ter Braak e Šmilauer 2002) para a DCA e CCA.

5.2. Resultados

Uso das PHs

Durante o período de estudo foram detectados 901 trilhos cruzando as PHs, correspondendo a uma média de 1.1 cruzamentos por passagem por dia de amostragem. Destes, apenas 0.8% corresponderam a passagens de anfíbio, 3.6% de répteis, 32.1% de micromamíferos (não contabilizando o ouriço-cacheiro), 6.1% de ouriço-cacheiro, 7.9% de lagomorfos 42.0% de carnívoros, não incluindo gato e cão domésticos que contabilizaram 6.1% e 1.6% dos cruzamentos, respectivamente. Dentro dos carnívoros a fuinha foi a espécie mais comum (10.3% do total das observações), seguida de sacarrabos (9.1%), geneta (7.2%), texugo (6.1%), raposa (3.0%), doninha (1.8%) e lontra (0.2%). Na tabela 5.3 estão resumidos os resultados por espécie/*taxa* do número de PHs usadas (N), valor médio do índice de passagem (MCR) e respectivos desvio-padrão (SD) e valores máximo e mínimo.

Foram detectados atravessamentos de micromamíferos em todas as passagens, grupo que obteve os mais altos valores de IU, para ambas as estradas. Várias espécies usaram um grande número de PHs, nomeadamente fuinha (n=28), sacarrabos (n=21), geneta (n=20) e gato-doméstico (n=18). Lontra e doninha foram os carnívoros com menor número de observações (n=2 e n=9, respectivamente), tendo a primeira sido detectado apenas no IP2 (tabela 3).

Foram observados resultados singulares para texugo. De facto, esta espécie foi detectada em apenas uma PH da M370, um reduzido número quando comparado com as nove do IP2 utilizadas por esta espécie. Mais, a intensidade de uso da passagem da M370 foi semelhante à detectada nas PHs do IP2, ou seja, a frequência de uso foi superior a um terço durante o período de amostragem, atingindo os valores mais altos dentro dos carnívoros em ambas as

estradas. Também a raposa foi detectada em apenas duas passagens da M370, enquanto que no IP2 foi detectada em dez PHs. Em contraste, foi detectado um uso generalizado das passagens da M370 por ouriço-cacheiro (n=12), enquanto que no IP2 apenas foi observado em três PHs.

Tabela 5.3 – Uso das PHs expresso em número e percentagem de atravessamentos (NA), e por estrada o número de PHs onde o *taxon* foi detectado (NP), o valor médio do índice de passagem (MCR) e respectivos desvio-padrão (SD) e valores máximo (Max) e mínimo (Min). As diferenças no MCR entre estrada foram avaliadas pelo teste U de Mann-Whitney (MW). Diferenças significativas estão sublinhadas; os símbolos * e ** representam $p < 0.05$ e $p < 0.01$, respectivamente. ^(§) Espécie incluída no Anexo II da Directiva Habitats.

Taxa	NA (%)		M370						IP2				MW
			NP	MCR	SD	Max	Min	NC	MCR	SD	Max	Min	
Répteis	32	(3.6)	8	0.24	±0.11	0.40	0.09	5	0.13	±0.09	0.00	0.29	108.0
Micromamíferos	289	(32.1)	17	0.70	±0.24	1.00	0.09	17	0.54	±0.20	0.08	0.86	73.0*
Ouriço-cacheiro	55	(6.1)	12	0.34	±0.23	0.91	0.10	3	0.12	±0.04	0.07	0.14	55.0**
Lagomorfos	71	(7.9)	5	0.50	±0.32	0.82	0.07	10	0.30	±0.26	0.06	0.69	112.5
Doninha	16	(1.8)	5	0.15	±0.09	0.29	0.07	4	0.11	±0.08	0.06	0.23	131.0
Fuinha	93	(10.3)	14	0.20	±0.11	0.43	0.07	14	0.32	±0.20	0.07	0.79	110.5
Texugo	55	(6.1)	1	0.36	±0.00	0.36	0.36	9	0.40	±0.27	0.13	0.92	-
Lontra [§]	2	(0.2)	-	-	-	-	-	2	0.07	±0.00	0.07	0.07	-
Geneta	65	(7.2)	11	0.22	±0.16	0.57	0.07	9	0.27	±0.18	0.06	0.50	133.5
Sacarrabos	82	(9.1)	8	0.20	±0.13	0.43	0.07	13	0.35	±0.21	0.07	0.69	81.0*
Raposa	27	(3.0)	2	0.11	±0.05	0.14	0.07	10	0.17	±0.13	0.07	0.43	74.5**
Gato doméstico	55	(6.1)	10	0.26	±0.15	0.55	0.07	8	0.14	±0.06	0.06	0.21	106.0
Cão	14	(1.6)	1	0.18	±0.00	0.18	0.18	8	0.11	±0.04	0.07	0.17	89.0*

Variação sazonal

A intensidade de uso das passagens ao longo das estações variou com os diferentes taxa considerados (fig.5.1), assim como o número de passagens onde cada taxa foi detectado (fig.5.3).

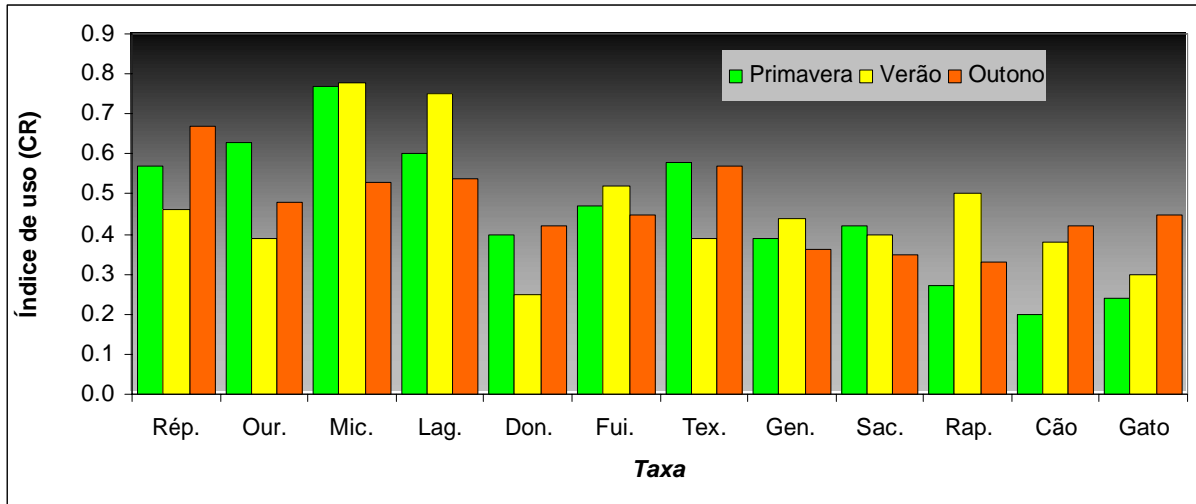


Figura 5.1 – Índices de uso da PHs, por estação, por taxa. Rép. – répteis, Our. – ouriço-cacheiro, Mic. – micromamíferos, Lag. – lagomorfos, Don. – doninha, Fui. – fuinha, Tex. – texugo, Gen. – geneta, Sac. – sacarrabos, Rap. – raposa.

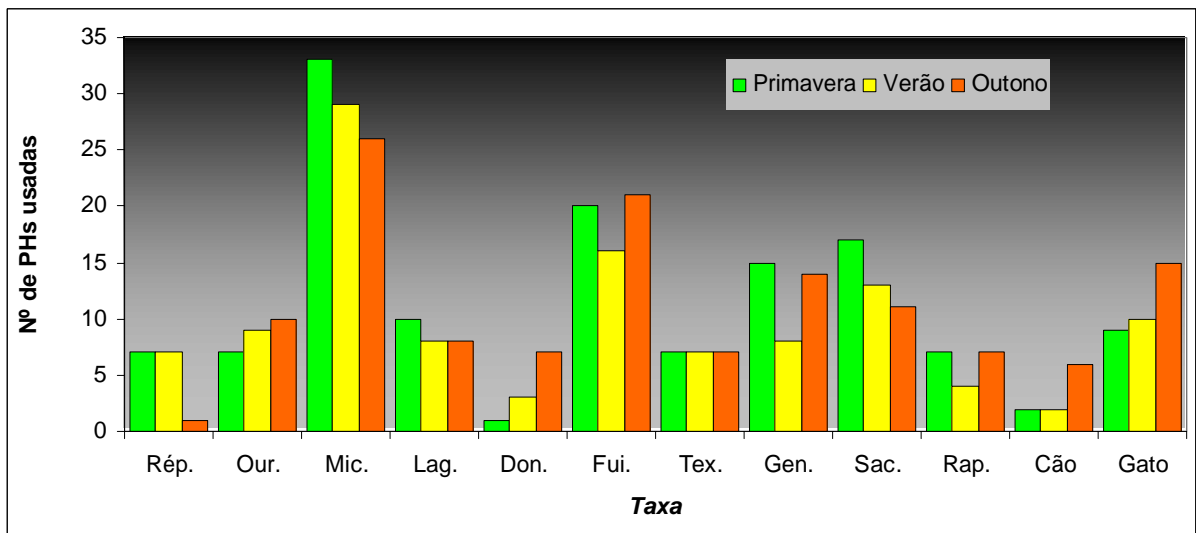


Figura 5.2 – Número de PHs usadas, por estação, por taxa. Rép. – répteis, Our. – ouriço-cacheiro, Mic. – micromamíferos, Lag. – lagomorfos, Don. – doninha, Fui. – fuinha, Tex. – texugo, Gen. – geneta, Sac. – sacarrabos, Rap. – raposa.

No entanto, não foram encontradas diferenças significativas nos índices de uso entre estações para nenhum *taxon*, excepto para micromamíferos (KW: $K=14.784$; $p<0.01$), que registaram um decréscimo acentuado durante a amostragem do Outono. Também não foram encontradas diferenças significativas no número de PHs usadas por cada *taxon* em cada estação (Tabela 5.4).

Tabela 5.4 – Resultados dos testes de chi-quadrado (χ^2), e respectivo valor de significância (p), entre o número de PHs usadas por cada *taxon*, nas três estações do ano (Primavera, verão e Outono).

Taxa	χ^2	p
Répteis	4.80	0.091
Micromamíferos	0.54	0.764
Ouriço-cacheiro	0.84	0.657
Lagomorfos	0.31	0.857
Doninha	5.09	0.078
Fuinha	0.74	0.692
Texugo	0.00	1.000
Lontra	2.32	0.313
Geneta	1.37	0.505
Sacarrabos	1.00	0.607
Raposa	3.20	0.202
Gato doméstico	1.82	0.402

Alguns carnívoros, como a raposa, cão e gato-doméstico, tiveram uma maior variação sazonal, avaliada através do coeficiente de variação (CV) de IU (CV = 100 x desvio padrão/média, Yanes et al. 1995) (fig.4). Estas espécies tiveram valores mais elevados de IU no Verão e Outono.

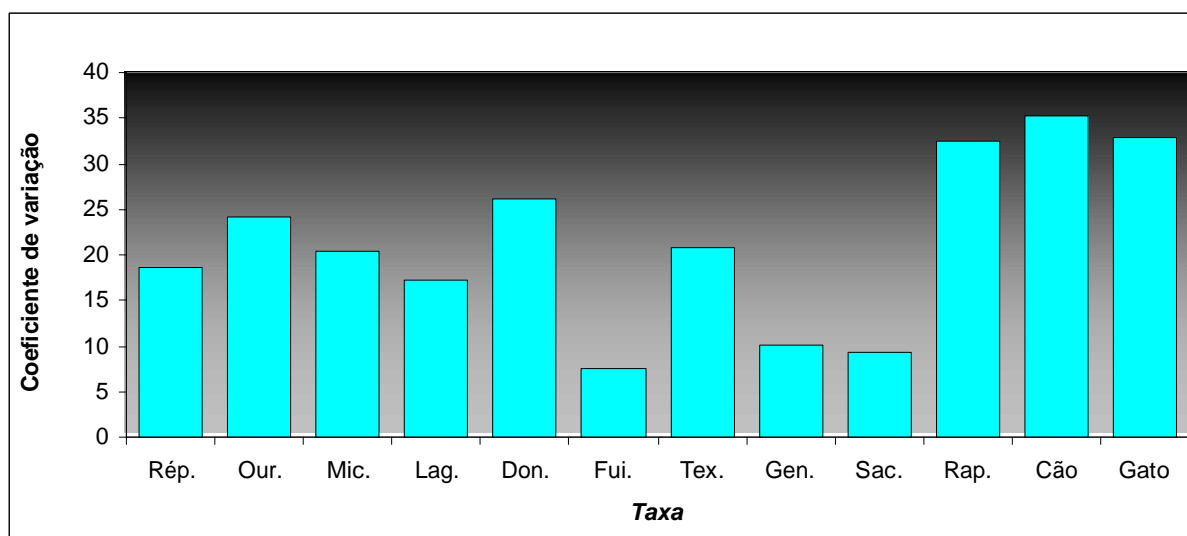


Figura 5.3 – Coeficiente de variação sazonal do uso das PHs, por *taxon*. Rép. – répteis, Our. – ouriço-cacheiro, Mic. – micromamíferos, Lag. – lagomorfos, Don. – doninha, Fui. – fuinha, Tex. – texugo, Gen. – geneta, Sac. – sacarrabos, Rap. – raposa.

Influência das variáveis ambientais

Foram detectadas diferenças significativas no uso das PHs entre as duas estradas para diversos *taxa*, nomeadamente micromamíferos (MW: $U=73.0$, $n_{1,2}=17$; $p<0.05$), ouriço (MW: $U=5.0$, $n_{1,2}=17$; $p<0.10$), sacarrabos (MW: $U=81.0$, $n_{1,2}=17$; $p<0.05$), raposa (MW: $U=74.5$, $n_{1,2}=17$; $p<0.01$) e cão (MW: $U=89.5$, $n_{1,2}=17$; $p<0.05$), que em conjunto representam 57.9% dos registos totais. Para micromamíferos e ouriço-cacheiro o índice de uso foi superior na M370, enquanto que para as restantes espécies os valores de IU foram superiores no IP2.

A diferente composição específica e intensidade de uso das PHs em cada estrada são reflectidas no diagrama de ordenação da DCA (fig.5.4). Os valores próprios (*eigenvalues*) desta análise foram de 0.292 no primeiro eixo (horizontal) e 0.239 no segundo eixo (vertical). O diagrama mostra uma clara segregação entre as PHs das duas estradas, estando as do IP2 colocadas na parte superior do quadrante, em oposição às passagens da M370. A associação das espécies às passagens de cada estrada parece estar mais uma vez associada ao tamanho dos animais. Assim, espécies de menores dimensões estão reunidas perto das PHs da M370, enquanto que as espécies de maiores dimensões estão agrupadas perto das PHs do IP2. No entanto, algumas passagens do IP2, como as PHs nº19, nº20, nº31 e nº34 cuja composição

específica foi similar à da M370, estão misturadas com as PHs desta estrada. Isto devido fundamentalmente ao seu fraco uso por carnívoros. Ao invés, a PH n°10 da M370, está misturada entre as PHs do IP2. Isto porque foi a única a ser usada por texugo e raposa nesta estrada e aquela com valores de IU de carnívoros mais elevada.

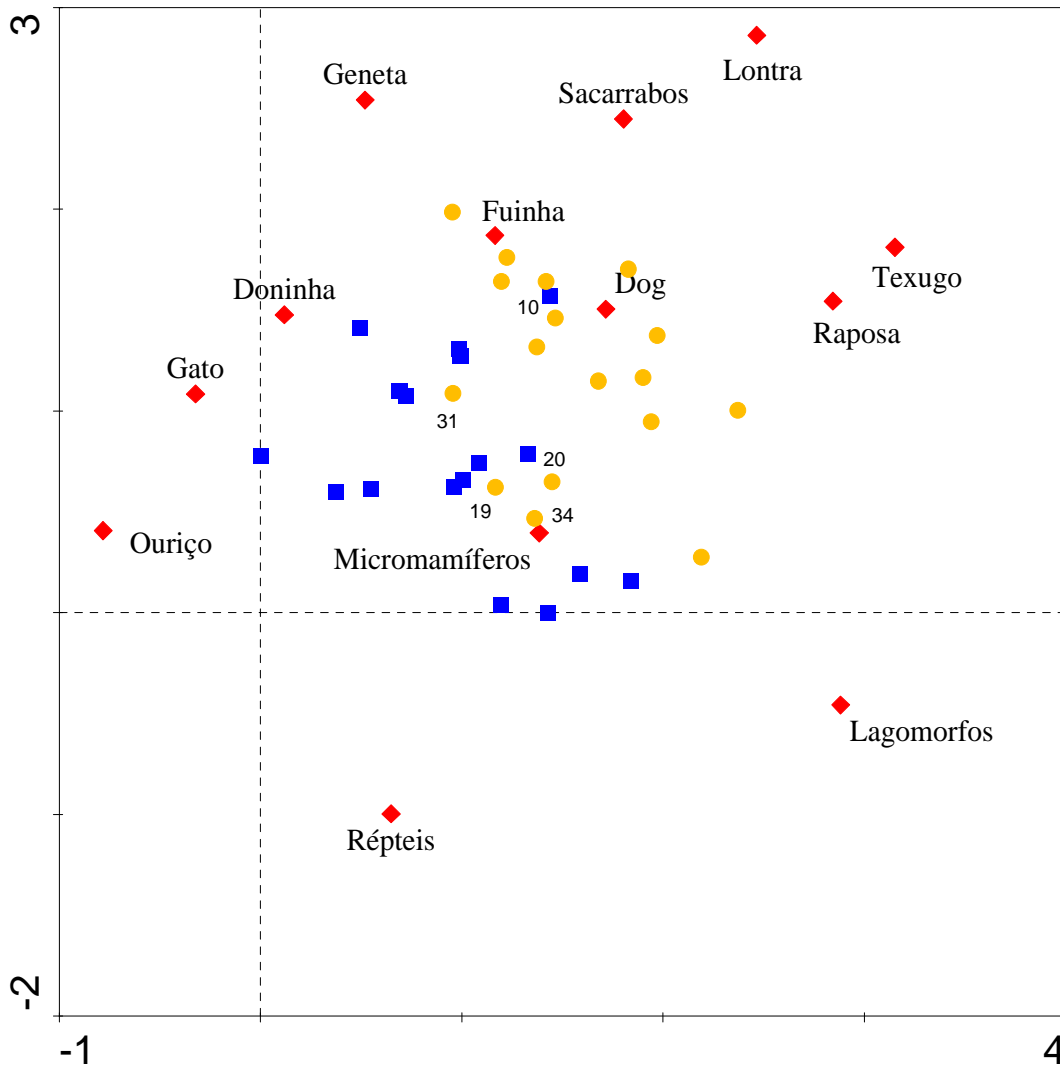


Figura 5.4 – *Detrended correspondence analysis* (DCA) realizada com o índice de uso das 34 PHs estudadas, 17 na estrada M370 e 17 na estrada IP2. Quadrados azuis: PHs da M370; círculos laranja: PHs do IP2, losângulos vermelhos: grupos faunísticos/espécies. (ver texto para detalhes sobre a metodologia).

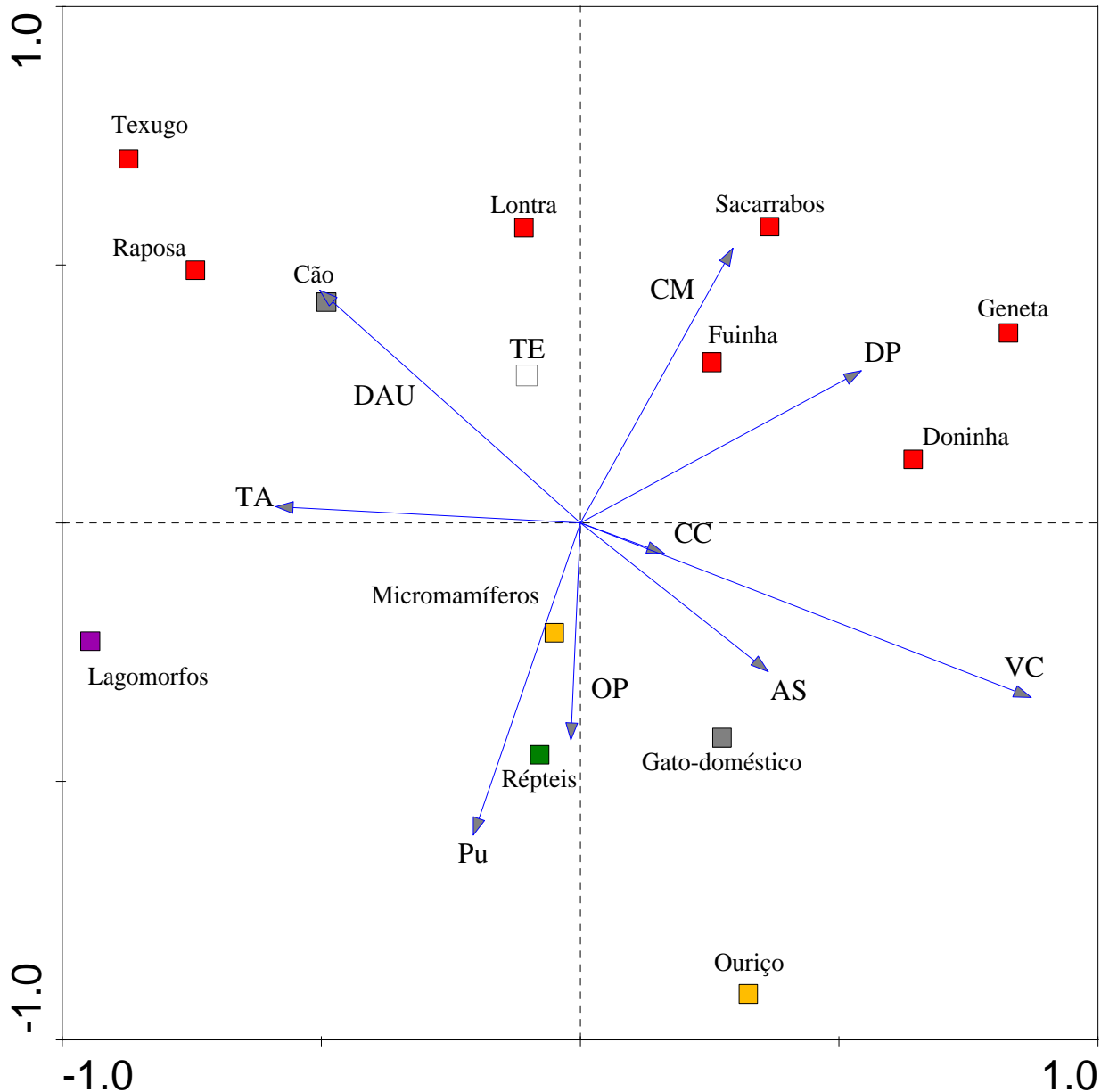


Figura 5.5 – *Canonical correspondence analysis* (CCA) realizada com o índice de uso das 34 PHs estudadas, 17 na estrada M370 e 17 na estrada IP2, e dez variáveis ambientais (para nomes das variáveis ver tabela 5.1). Símbolos das espécies de acordo com o grupo faunístico (répteis, micromamíferos, lagomorfos, carnívoros e domésticos) (ver texto para detalhes sobre a metodologia).

Da análise CCA resultou o diagrama representado na figura 5.5. Os valores próprios desta análise foram 0.230 para o primeiro eixo e 0.186 para o segundo. O teste de Monte Carlo foi significativo tanto para o primeiro eixo ($F=5.415$, $P<0.01$), como para todos os eixos ($F=2.753$, $P<0.01$). Os primeiros dois eixos explicam 63.2% da variabilidade dos dados. O primeiro eixo reflecte principalmente o efeito da presença de vegetação a cobrir a entrada das

PHs (VC), a distância a áreas urbanas (DAU), e a área ocupada por zonas abertas (TA); enquanto que o segundo eixo reflecte sobretudo os efeitos do comprimento das PHs (CM), da probabilidade de uso (Pu) e do tipo de estrada (TE) (tabela 5.4). Um resultado interessante que ressalta deste diagrama é que, à excepção do gato, todos os animais de maiores dimensões estão localizados na parte superior do diagrama, estando a geneta, doninha, sacarrabos e fuinha juntos no primeiro quadrante, enquanto que a raposa, texugo e cão são agrupados no quarto quadrante (fig.5.5).

Tabela 5.4 – Valores de correlação entre as variáveis ambientais e os eixos das espécies, da análise de correspondência canónica.

Variável	Eixo 1	Eixo 2
Comprimento da PH	0.271	0.446
Área da secção da PH	0.334	-0.241
<i>Openness</i> da PH	-0.016	-0.352
Presença de caixas colectoras	0.150	-0.049
Presença de vegetação a cobrir a boca da passagem	0.802	-0.283
Distância vertical da PH ao pavimento	0.500	0.247
Terreno aberto	-0.541	0.026
Distancia a áreas urbanas	-0.463	0.378
Probabilidade de uso	-0.190	-0.507
Tipo de estrada	-0.285	0.723

Os cruzamentos foram significativamente diferentes em PHs com e sem vegetação nas entradas (VC) para os lagomorfos (MW: $U = 41.5$, $n_1 = 13$, $n_2 = 21$; $p < 0.01$), texugo (MW: $U = 49.0$, $n_1 = 13$, $n_2 = 21$; $p < 0.01$), geneta (MW: $U = 70.0$, $n_1 = 13$, $n_2 = 21$; $p < 0.05$), raposa (MW: $U = 70.5$, $n_1 = 13$, $n_2 = 21$; $p < 0.01$) e cão (MW: $U = 83.0$, $n_1 = 13$, $n_2 = 21$; $p < 0.01$). Excepto para geneta, todos os *taxa* foram observados com maior frequência em PHs sem a cobertura de vegetação.

Foram também observadas diferenças significativas em PHs com caixas colectoras (CC) for ouriço-cacheiro e lagomorfos (MW: $U = 35.0$, $n_1 = 5$, $n_2 = 29$; $p < 0.05$, para ambos). Não foram observados cruzamentos em PHs com caixas colectoras de ouriço-cacheiro e lagomorfos, nem

de texugo, doninha, lontra, raposa, gato e cão. A PH com a caixa mais profunda (PH nº34, 1.80m) apenas foi utilizada por sacarrabos, uma vez. Apesar de vários trilhos de micromamíferos serem aqui regularmente observados, em ambas as entradas das PHs, é pouco provável que estes animais consigam subir paredes com esta profundidade, pelo que os cruzamentos da estrada provavelmente não foram efectivos nesta PH.

Foram encontradas diversas correlações significativas entre o uso das PHs e variáveis ambientais, embora com diferenças marcadas entre grupos faunísticos (tabela 5.5).

Tabela 5.5 – Resultados dos testes de correlação de Spearman entre os índices de uso das PHs e variáveis ambientais. N=34 para todas as análises. Diferenças significativas estão sublinhadas; os símbolos * e ** representam $p < 0.05$ e $p < 0.01$, respectivamente. CM – Comprimento da PH; AS – Área da secção da PH; OP – *Openness* da PH, DP – Distância vertical da PH ao pavimento; CC – Presença de caixas colectoras; VC – Presença de vegetação a cobrir a boca da passagem; TA – Terreno aberto; MsM – Montado sem matos, MSh – Montado com matos; OL – Olival; DAU – Distância a áreas urbanas; Pu – Probabilidade de uso. Ver texto e tabela 1 para detalhes sobre as variáveis.

Taxa	CM	AS	OP	DP	TA	MM	MsM	OL	DAU	Pu
Répteis	-0.340*	-0.133	0.220	-0.377*	0.090	-0.097	-0.117	0.248	-0.052	0.025
Micromamíferos	-0.460**	-0.137	0.269	-0.477**	0.261	0.088	-0.172	0.277	0.009	0.180
Ouriço-cacheiro	-0.321	0.374*	0.459**	-0.102	-0.118	0.340*	0.025	0.159	-0.349*	0.348*
Lagomorfos	-0.153	-0.354*	-0.082	-0.491**	0.322	-0.507**	0.295	0.024	0.500**	0.088
Doninha	-0.050	-0.064	-0.036	0.116	-0.157	0.012	0.314	0.110	-0.076	0.044
Fuinha	0.108	0.025	-0.057	0.270	-0.393*	0.074	0.323	-0.179	0.038	-0.185
Texugo	0.029	-0.173	-0.076	-0.143	0.261	-0.315	0.013	-0.336	0.320	-0.161
Lontra [§]	0.284	0.008	-0.227	0.076	0.005	-0.231	0.091	-0.189	0.328	-0.041
Geneta	0.166	0.202	-0.041	0.503**	-0.585**	0.304	0.172	0.058	-0.155	-0.097
Sacarrabos	0.493**	0.095	-0.313	0.347*	-0.143	0.036	0.029	-0.039	0.302	-0.500**
Raposa	0.140	0.035	-0.070	0.002	0.269	-0.386*	0.091	-0.394*	0.266	-0.189
Gato-doméstico	-0.176	0.480**	0.452**	0.148	-0.254	0.327	-0.068	-0.082	-0.607**	0.076
Cão	0.044	0.207	0.058	-0.179	0.215	-0.413*	0.216	-0.188	0.117	-0.231

Considerando as variáveis respeitantes ao desenho da passagem, de uma forma geral, os resultados podem mais uma vez distinguir-se pelo tamanho dos animais. De facto, espécies de pequeno porte, como os micromamíferos e répteis, parecem preferir passagens mais curtas (CM) e menos distanciadas dos asfalto (DP) uma variável associada à anterior dado que regra geral quanto mais “profunda a passagem”, maior o seu comprimento. Para carnívoros como geneta e sacarrabos o uso foi mais intenso em passagens com maior profundidade relativamente ao asfalto. Ouriço-cacheiro parece ter preferência por PHs com maior secção (AS) e *openness* (OP), o que reflecte o seu maior uso das passagens da M370. Quanto aos lagomorfos, parecem preferir PHs estreitas (CM) e localizadas perto do pavimento (DP).

Considerando a localização das PHs, espécies associadas a habitats florestais, particularmente montado, como a geneta e fuinha, parecem evitar o uso de passagens situadas em terrenos abertos (TA) na adjacência das estradas, em oposição aos lagomorfos, raposa e cão. PHs perto de núcleos urbanos (DAU) foram favorecidas apenas pelo gato-doméstico e ouriço-cacheiro. Relativamente à probabilidade de uso (Pu), apenas ouriço-cacheiro obteve resultados significativos, sugerindo que o uso de PHs por esta espécie pode estar condicionado à disponibilidade e densidade destas estruturas ao longo da estrada. No entanto, observando o diagrama da CCA relativamente a esta variável, parece haver de novo uma diferenciação de acordo com o tamanho das espécies, estando as de pequeno porte associadas a valores positivos de Pu, observando-se em oposição a todos os carnívoros, o que sugere que para espécies com menor mobilidade e capacidade de dispersão, o uso das PHs pode ser maximizado aumentando a sua densidade ao longo das vias rodoviárias.

PHs menos usadas por carnívoros

Observou-se que seis das PHs estudadas o uso por carnívoros foi relativamente diminuto (IU <0.1), o que poderá ter sido devido a algum factor inibidor da passagem ou ambiente envolvente.

Tanto a primeira como a última PH da M370 estão dentro deste grupo (PHs nº1 e nº17). A primeira é a passagem mais perto de uma estrada principal (EN114) e de uma auto-estrada (A6). Provavelmente o acréscimo de perturbação assim como o efeito de barreira destas infra-estruturas poderão ter contribuído para um decréscimo no uso destas estruturas. A segunda, é

a passagem mais próxima de áreas urbanas, também uma fonte de perturbação acrescida para estas espécies. Também desta estrada, a PH nº4 foi utilizada apenas por doninha. Esta é uma das PHs mais estreitas, o que poderá ter condicionado o seu uso por outras espécies.

No IP2 duas passagens tiveram um nível de IU inferior a 0.1: PHs nº19 e nº34. A última tinha a caixa de recolha mais profunda, como já foi referido, enquanto que a primeira estava parcialmente obstruída por sedimentos, o que reduziu consideravelmente a sua *openness*, e provavelmente a sua atracção para os animais.

5.3. Discussão

A discussão deste capítulo é baseada no princípio que o diferente uso das PHs pelos animais é reflexo das características da passagem, estrada e/ou ambiente envolvente. No entanto, há que ter presente possíveis fontes de perturbação na obtenção e análise dos resultados, que não foram aqui consideradas, nomeadamente os efeitos resultantes da variação da densidade populacional nas áreas perto das estradas, ou comportamentos variados entre indivíduos da mesma espécie face a estruturas artificiais.

Os resultados suportam estudos previamente publicados (e.g. Yanes et al. 1995; Rodriguez et al. 1996; Taylor & Goldingay 2003; Dodd et al 2004; Ng et al. 2004; Mata et al. 2005), confirmando que diversas espécies incluindo aquelas com estatuto de conservação desfavorável (como a lontra) usam regularmente as PHs para cruzar a estrada. Mais, particularmente os carnívoros, os resultados sugerem que os animais incorporam as passagens nas suas deslocações habituais, independentemente do nível de tráfego. De facto, apesar do reduzido volume de tráfego da M370 e risco de atropelamento, o uso das PHs foi comum. Durante os trabalhos de campo, apenas nove carnívoros foram detectados (ver tabela 6.3). Por outro lado, valores mais elevados de IU observados no IP2 podem parcialmente ter resultado de um efeito misto das vedações e do maior volume de tráfego e risco de atropelamento. A colocação de vedações pode reforçar o efeito de barreira para algumas espécies, e provavelmente espécies de médio porte são induzidas a atravessar a estrada pelas PHs (Mata et al. 2005). Vários estudos demonstraram que as vedações ao longo das estradas, suficientemente altas e propriamente enterradas podem maximizar o efeito de funil,

conduzindo os animais às passagens (Foster & Humphry 1995; Putman 1997; Clevenger et al. 2001; Cain et al. 2003). Apesar de as vedações não estarem devidamente enterradas em diversos locais, particularmente em pontos adjacentes a PHs, e de não serem obstáculos intransponíveis mesmo para espécies maiores como o texugo, é provável que exerçam uma certa influência na condução dos animais para as PHs. De facto, foram observados trilhos paralelos às vedações em vários sítios durante os trabalhos de campo, e também o uso das PHs do IP2 foi, em termos globais, mais frequente para espécies com maiores dimensões. Também o facto de se registar uma maior intensidade de tráfego no IP2 possa influenciar o uso das PHs, inibindo o cruzamento da via rodoviária. Caso estes resultados sejam validados em futuros trabalhos, assumem uma importância central na implementação de medidas para restabelecer a conectividade entre as bermas, uma vez que podem maximizar o uso das PHs e assim reduzir a probabilidade de atropelamento.

No entanto, é necessário aprofundar a investigação dado que 59 carnívoros foram detectados atropelados no troço do IP2 durante os trabalhos de campo (tabela 6.3). Mais, em média apenas 11% (n=562) do tráfego do IP2 circula no período nocturno (oito horas), representando cerca de um veículo por minuto. Dado que o pico de actividade diária da maioria dos carnívoros ocorre no período nocturno, este baixo valor de tráfego representa aparentemente um risco considerável de atropelamento de carnívoros. No IP2, em média, existe uma passagem em cada 400m, uma densidade que devia ser suficiente para permitir uma boa permeabilidade desta estrada para carnívoros. Deste modo, os resultados sugerem que as PHs podem não ser suficientes para reduzir o número de atropelamentos e promover a conectividade. Por outro lado, os atropelamentos podem reflectir a ausência de estruturas (naturais ou artificiais) que conduzam eficientemente os animais para as PHs.

Como descrito por Clevenger & Waltho (2005) e citações referidas, têm surgido resultados opostos relativamente à importância das características da estrada e paisagem que influenciam o uso das PHs. Como referem estes autores, discrepâncias em como os animais reagem às PHs podem certamente ser explicadas por dinâmicas particulares de cada espécie (Clevenger & Waltho 2005). No presente trabalho, foram detectados diversos resultados significativos originados por ambos os grupos de variáveis consideradas.

Considerando as características do desenho da passagem, a presença de vegetação nas entradas das PHs parecem ter uma grande importância, nomeadamente para geneta. Podemos

observar no diagrama da CCA que diversos *taxa* estão agrupados no segmento positivo do primeiro eixo, que teve uma forte correlação com aquela variável (tabela 5.4). A presença de vegetação nas entradas pode reduzir a desconfiança de algumas espécies por estas estruturas artificiais, e assim maximizar o seu uso. Outros autores obtiveram resultados semelhantes relativamente a carnívoros (Rodriguez et al. 1996) e micromamíferos (McDonald & St Clair 2004), embora tal não seja o caso em Mata et al. (2005). No entanto, como representado na CCA, outros animais como texugo, raposa e lagomorfos parecem preferir passagens descobertas.

Relativamente às características físicas das PHs, parecem ter uma influência considerável no uso pelos animais, sendo que passagens mais longas são aparentemente evitadas por espécies de menores dimensões, em oposição à maioria dos carnívoros (figura 5.5). Animais como répteis, micromamíferos e lagomorfos estão todos situados na parte inferior do diagrama da CCA, sugerindo que preferem passagens mais curtas e com maior valor de *openness*. Estes *taxa* obtiveram valores de IU mais elevados na M370 cujas passagens são mais curtas. De acordo com alguns autores (Mader 1984; Goosem 2001), algumas espécies de micromamíferos evitam o cruzamento de estradas mais largas, um efeito que se pode repetir quando tentam cruzar PHs mais longas. Anteriores estudos descreveram também a preferência de micromamíferos por passagens mais curtas e estreitas (Yanes et al. 1995; Rodriguez et al. 1996; McDonald e St Clair 2004; Mata et al. 2005). Como já foi referido, passagens mais longas estão normalmente a uma maior distância do pavimento, e por isso espécies menos conspícuas poderão preferir o seu uso. De facto, os resultados da variável distância ao pavimento (DP) suportam esta análise. Estas passagens tiveram um número de atravessamentos significativamente menor para répteis, micromamíferos e lagomorfos. Por outro lado, quando observamos o diagrama da CCA, a estas passagens aparecem associadas espécies de carnívoros como fuinha, geneta e sacarrabos, as duas últimas com correlações significativas (tabela 5.5).

O número de cruzamentos observados em passagens com caixas colectoras foi bastante menor que as restantes. Embora a maior parte das espécies consiga transpor obstáculos com cerca de 1.5m, algumas poderão dificilmente fazê-lo. Mais, a passagem com a caixa mais profunda foi apenas usada uma vez por sacarrabos. Estes resultados sublinham a importância de o desenho

das PHs ser melhorado, nomeadamente na eliminação de possíveis obstáculos que limitem ou impeçam as deslocações dos animais.

Considerando a segunda categoria de variáveis, a localização das PHs, o factor mais importante parece ter sido o tipo de estrada. As passagens das duas estradas tiveram composições específicas distintas, o que é expresso no diagrama da DCA (fig. 5.4). Como já foi referido, o nível de tráfego e as vedações podem ter tido um papel principal nestas diferenças. No entanto, factores como a densidade populacional das diferentes espécies, perturbação humana, topografia, e outros factores externos poderão ter também contribuído decisivamente para estes resultados.

PHs localizadas longe de centros urbanos foram preferidas por diversos *taxa*, provavelmente devido à menor actividade humana e perturbação aqui existentes. Apenas o gato-doméstico parece ter tido um uso superior em PHs perto de áreas urbanas, como é expresso na CCA (fig. 6). Assim, a implementação de medidas minimizadoras em PHs deverá dar prioridade a passagens longe de núcleos urbanos.

Relativamente ao uso do solo, muitas espécies parecem ter preferido uma baixa densidade de terreno aberto nas imediações das PHs. De facto, de acordo com a CCA, apenas lagomorfos, texugo, raposa e cão estão claramente posicionados na parte positiva desta variável. Provavelmente os lagomorfos usam as passagens mais como abrigo de predadores, como aves de rapina, enquanto se alimentam nas bermas das estradas. Também a preferência das lebres por áreas abertas pode ter contribuído para este resultado.

Quanto à probabilidade de uso (P_u), os resultados sugerem que a densidade de passagens ao longo da estrada poderá influenciar o seu uso, particularmente para espécies de menores dimensões. Observando o diagrama da CCA, o uso das PHs por estes animais parece ser positivamente influenciado pela sua proximidade, particularmente para ouriço-cacheiro (tabela 5.5). Estes resultados sugerem que o uso das PHs por espécies de menores dimensões poderá ocorrer de uma forma relativamente aleatória, na sequência de movimentos de alimentação ou dispersão.

Todos os grupos animais mostraram uma variabilidade sazonal no uso das PHs, embora essa variação tenha sido significativa apenas para os micromamíferos cuja actividade diminuiu no Outono. Um padrão semelhante foi descrito por Yanes et al. (1995), o que sugere um menor uso destas estruturas durante a época de reprodução. Também os lagomorfos tiveram um

padrão semelhante ao descrito por aqueles autores, com valores de IU superiores no verão. A variabilidade no uso das PHs ao longo do ano pode ser a consequência de diferentes padrões de actividade ao longo do ciclo de vida, mas também por comportamentos de termorregulação. Durante o verão foram registadas as temperaturas simultaneamente dentro das PHs e for a, à sombra. As amplitudes variaram entre 4.0°C e 14.0°C (média = 9.3±3.3). Isto pode ser uma evidência que as PHs podem funcionar como locais para regulação de temperatura, aumentando a sua atracção para alguns animais. De facto, grandes animais como os lince-ruivo *Lynx rufus* têm sido observados em PHs para se refrescarem e descansarem (Cain et al. 2003).

Dada a variabilidade observada ao longo das épocas de amostragem, entre os grupos faunísticos, projectos futuros de monitorização de PHs deverão integrar pelo menos um ciclo anual, para evitar erros na recolha de resultados derivados de variações na actividade dos animais. Neste trabalho não foi possível prolongar os trabalhos no Inverno, nomeadamente em períodos de chuva, o que pode ter uma sub-avaliação do uso das PHs em alguns grupos, particularmente nos anfíbios. No entanto, em noites de monitorização dos anfíbios na M370 (cap.7) foram observados alguns indivíduos a atravessar estas estruturas.

Finalmente, é preciso ter em conta que as PHs por si só podem não resolver os problemas da conectividade. Algumas espécies, abundantes nas áreas adjacentes a ambas as estradas, como o javali (*Sus scrofa*) (observações pessoais), não usaram nenhuma passagem durante o período de estudo. Também não foram detectados cruzamentos de toirão ou gato-bravo. Embora a distinção de pegadas entre o gato-doméstico e gato-bravo nem sempre seja fácil, é pouco provável que qualquer pegada do segundo tenha sido mal classificada. Isto porque o tamanho das impressões e a sua localização, perto de núcleos urbanos, não deixaram margem para dúvidas. Relativamente a toirão, foram detectados animais atropelados ou sinais de presença em ambas as estradas em trabalhos anteriores (Ascensão 2001b, Mira et al. 2003), bem como durante os trabalhos de campo, nomeadamente perto da PH nº34 (observações pessoais). Assim, os resultados sugerem que esta espécie poderá ser algo relutante em usar estas estruturas.

6. Avaliação do impacte da mortalidade em populações de vertebrados em estradas do Alto Alentejo, e sua relação com o uso de passagens hidráulicas

6.1. Metodologia

Área de estudo

Os trabalhos de campo referentes a este capítulo foram desenvolvidos nas duas estradas consideradas, ou seja, a M370 e o IP2 (fig.4.1).

Grupos amostrados

Os estudos e mortalidade foram efectuados apenas nos grupos anfíbios e mamíferos carnívoros.

Métodos de amostragem

Foram utilizados dois métodos de amostragem distintos para a monitorização da mortalidade dos dois grupos faunísticos considerados neste capítulo.

Relativamente aos anfíbios, foram realizadas oito saídas nocturnas em toda a extensão da M370 em estudo (14.5km), a pé ou de automóvel a uma velocidade reduzida (5-10km/h), em noites com condições climáticas favoráveis à observação destes animais. Todos os animais detectados mortos e vivos foram contabilizados e identificados, sempre que possível, até à espécie.

Quanto aos mamíferos carnívoros, as amostragens decorreram no âmbito do doutoramento de Clara Grilo (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) e trabalho de fim de curso de Biologia da Universidade de Évora de Clara Silva, que integra o mesmo doutoramento, tendo os dados sido fornecidos por estas investigadoras. Este facto deveu-se à sobreposição das

áreas de estudo do referido doutoramento com o presente trabalho, pelo que amostragens realizadas simultaneamente por ambos os projectos poderiam prejudicar gravemente a qualidade dos dados, nomeadamente pela omissão de observações. Deste modo, ficou acordado que os dados seriam fornecidos por Clara Grilo. Cada troço foi percorrido quinzenalmente num automóvel a uma velocidade média de 20 km/h, entre Julho de 2003 e Julho de 2005.

Identificação dos animais

Todos os animais encontrados nas faixas de rodagem e bermas foram contabilizados e identificados, sempre que possível, até à espécie (no local ou posteriormente em laboratório, através da análise de pele, escamas, penas ou pêlo). Nos casos em que o estado da carcaça não permitiu a identificação específica, o espécimen foi classificado até ao nível taxonómico possível. Todos os animais detectados foram removidos da estrada para evitar a sua recontagem ou o seu atropelamento no caso dos anfíbios. Presumiu-se que a causa de morte de todas as observações foi o atropelamento, pelo que não foi levada a efeito a necrópsia dos cadáveres.



Sapo-corredor (*Bufo calamita*)

6.2. Análise dos dados

Pontos negros de mortalidade

Foram definidas secções de estrada como possíveis pontos negros de mortalidade (PNM), através da detecção de *clusters* de ocorrências de mortalidade. Como descrito por Malo et al. (2004), a análise consistiu em comparar a distribuição dos atropelamentos ao longo do troço

com a situação esperada numa situação de distribuição aleatória das ocorrências. Neste caso, a probabilidade das colisões em cada secção seguiria uma distribuição *poisson*. Assim, sendo λ o número médio de colisões, a probabilidade de cada secção ter x ocorrências é dada pela expressão:

$$p(x) = \frac{\lambda^x}{x!e^\lambda}$$

Considerou-se que uma dada secção era um potencial PNM caso o número de ocorrências excedesse a probabilidade de 85%, ou seja, $\sum p(x) > 85\%$.

Os pontos negros de anfíbios e mamíferos carnívoros foram avaliados na M370 e IP2, respectivamente. Para tal, as estradas foram divididas em secções de 200m (M370) e 1000m (IP2). No caso dos anfíbios, uma vez que foram contabilizados animais vivos e mortos, considerou-se que os pontos negros se referem a pontos com maior probabilidade de atravessamento de animais na rodovia.

Relação da mortalidade com o uso das passagens hidráulicas

Avaliou-se qual a relação entre o número de observações de indivíduos e a presença de passagens hidráulicas (PHs) ao longo do troço. Para ambos os grupos, foi avaliado se existiam diferenças significativas entre o número de observações/mortalidade entre secções de estrada com e sem passagens presentes, incluindo PHs, passagens superiores, passagens inferiores e viadutos.

Para os anfíbios, foi feita uma comparação entre o número de observações na M370 em redor das PHs (*buffers* de 100m) e secções de estrada aleatórias (200m). Para isso foi feita uma comparação entre 25 pontos de PHs, seleccionadas aleatoriamente, com 25 secções da estrada, também seleccionadas aleatoriamente. Para os carnívoros, avaliou-se se as espécies atropeladas detectadas em redor de cada PH estudada no IP2 (*buffers* 500m) (ver capítulo 5) eram as mesmas que usaram essas passagens.

As diferenças foram avaliadas através de testes de Mann-Whitney (MW) ou de Kruskal-Wallis (KW) (Zar 1999).

6.3. Resultados

Monitorização da mortalidade

Anfíbios

Foram realizadas oito saídas nocturnas para observação de anfíbios (tabela 6.1). A primeira saída de campo foi uma saída de prospecção/ensaio de metodologia, onde apenas foi percorrida a extensão entre Escoural e S. Sebatião da Giesteira (cerca de 10 km).

Foram detectados 752 indivíduos, o que representa um índice de observação de 6.7 anfíbios por quilómetro, por sessão de amostragem. Foram identificadas 13 espécies, das quais sapinho-de-verrugas-verdes (*Pelodytes punctatus*) e rã-de-focinho-pontiagudo (*Discoglossus galganoi*) não estavam referidas na bibliografia (Godinho et al. 1999) para a área de estudo (tabela 6.2).

Tabela 6.1 – Número de anfíbios observados nas saídas nocturnas realizadas na M370

Data	Método de amostragem	Número de observadores	Número de observações		
			Morto	Vivo	Total
27-01-2004*	Automóvel	2	58	11	69
29-01-2004	Automóvel	2	14	0	14
27-03-2004	Automóvel	2	1	1	2
18-10-2004	Automóvel	3	96	50	146
19-10-2004	Automóvel	3	111	22	133
28-11-2004	Automóvel	1	87	27	114
21-10-2005	A pé	18 (3 grupos de 6)	187	41	228
22-11-2005	Automóvel	2	30	16	46
Total			584	168	752

*Saída de ensaio de metodologia. Apenas foram percorridos cerca de dez quilómetros.

Destes, 77.7% referem-se a observações de indivíduos atropelados, uma proporção bastante elevada atendendo ao reduzido nível de tráfego nesta estrada no período nocturno. A proporção entre animais mortos e vivos manteve-se relativamente constante ao longo das secções da estrada (teste de correlação de Spearman $r_s=0.557$, $n=72$ $p<0.001$) (fig.6.1).

Tabela 6.2 – Número de observações de anfíbios, por espécie, detectados nas saídas nocturnas realizadas na M370. Para cada espécie está indicada o estatuto de conservação, de acordo com o novo livro vermelho dos vertebrados (Cabral *in press*). LC – Preocupação menor; NT – Quase Ameaçado; NE – Não Avaliado.

Identificação (nome comum)	Identificação (nome científico)	Livro vermelho	Morto	Vivo	Total
Salamandra-de-costelas-salientes	<i>Pleurodeles waltl</i>	LC	111	31	142
Salamandra-comum	<i>Salamandra salamandra</i>	LC	90	21	111
Tritão-marmorado	<i>Triturus pygmaeus</i>	LC	40	28	68
Tritão-de-ventre-laranja	<i>Triturus boscai</i>	LC	5	11	16
Rela	<i>Hyla arborea</i>	LC	7	1	8
Rela-meridional	<i>Hyla meridionalis</i>	LC	47	20	67
Sapo-de-unha-negra	<i>Pelobates cultripes</i>	LC	92	15	107
Sapinho-de-verrugas-verdes*	<i>Pelodytes punctatus</i>	NE	17	0	17
Sapo-parteiro-ibérico	<i>Alytes cisternasii</i>	LC	5	2	7
Rã-de-focinho-pontiagudo*	<i>Discoglossus galganoi</i>	NT	68	18	86
Rã-verde	<i>Rana perezi</i>	LC	7	2	9
Sapo-comum	<i>Bufo bufo</i>	LC	48	11	59
Sapo-corredor	<i>Bufo calamita</i>	LC	25	7	32
Total				167	729

*Espécies não referidas na bibliografia (Godinho et al 1999) para a área de estudo

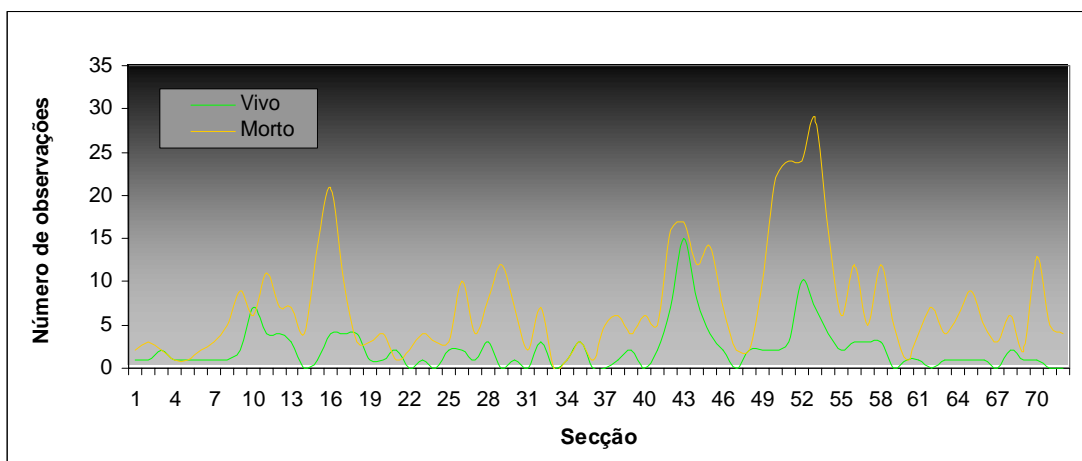


Figura 6.1 – Número de observações de anfíbios, mortos (linha amarela) e vivos (linha verde), por secção de estrada (200m) da M370.

Deste modo, optámos por agrupar os dados relativos aos animais mortos e vivos para o cálculo de pontos negros. Estes pontos devem, no entanto, ser encarados como locais onde existe um número de anfíbios estatisticamente superior a cruzar a estrada.

Mamíferos carnívoros

Quanto aos resultados da mortalidade de carnívoros, verificou-se que todas as espécies de mamíferos carnívoros potencialmente ocorrentes na área de estudo, à excepção do gato-bravo (*Felis silvestris*), foram afectadas pelo atropelamento, particularmente a raposa, fuinha e sacarrabos (tabela 6.5).

Tabela 6.3 – Número de observações de carnívoros atropelados, por espécie, detectados em dois anos de amostragens realizadas no IP2 e na M370. Para cada espécie está indicada o estatuto de conservação, de acordo com o novo livro vermelho dos vertebrados (Cabral *in press*). LC – Preocupação menor; DD – Insuficiência de Dados.

Identificação (nome comum)	Identificação (nome científico)	Estatuto Livro Vermelho	Estrada		Total
			IP2	M370	
Doninha	<i>Mustela nivalis</i>	LC	1		1
Fuinha	<i>Martes foina</i>	LC	12	3	15
Geneta	<i>Genetata genetata</i>	LC	6	1	7
Lontra	<i>Lutra lutra</i>	LC	1		1
Raposa	<i>Vulpes vulpes</i>	LC	23	2	25
Sacarabos	<i>Herpestes ichneumon</i>	LC	10	2	12
Texugo	<i>Meles meles</i>	LC	5	1	6
Toirão	<i>Mustela putorius</i>	DD	1		1
Total			59	9	68

Pontos negros de mortalidade

Anfíbios

Foram observados 683 anfíbios (mortos e vivos) nas sessões de amostragem onde foi percorrido todo o troço da M370 em estudo (cerca de 14.7km), ou seja $\lambda=683/(14.7/0.2)=9.3$. Segundo a expressão da distribuição *poisson*, para $\sum p(x)>85\%$ então $x\approx 12$, sendo que $\sum p(12)=85.3\%$.

Vinte secções, de um total de 72, foram classificadas como possíveis PNM. A figura 6.2 sugere a existência de três zonas agregadas onde o atravessamento de anfíbios deve ocorrer significativamente em maior número. Nestas três zonas foram observados 288 indivíduos, 43.2% do total das observações.

Desta forma, podemos constatar que a implementação de acções de mitigação nestas três zonas, cuja extensão não excede 2.5km (cerca de 16.3% do comprimento total), poderia evitar o atropelamento de uma percentagem substancial de anfíbios.

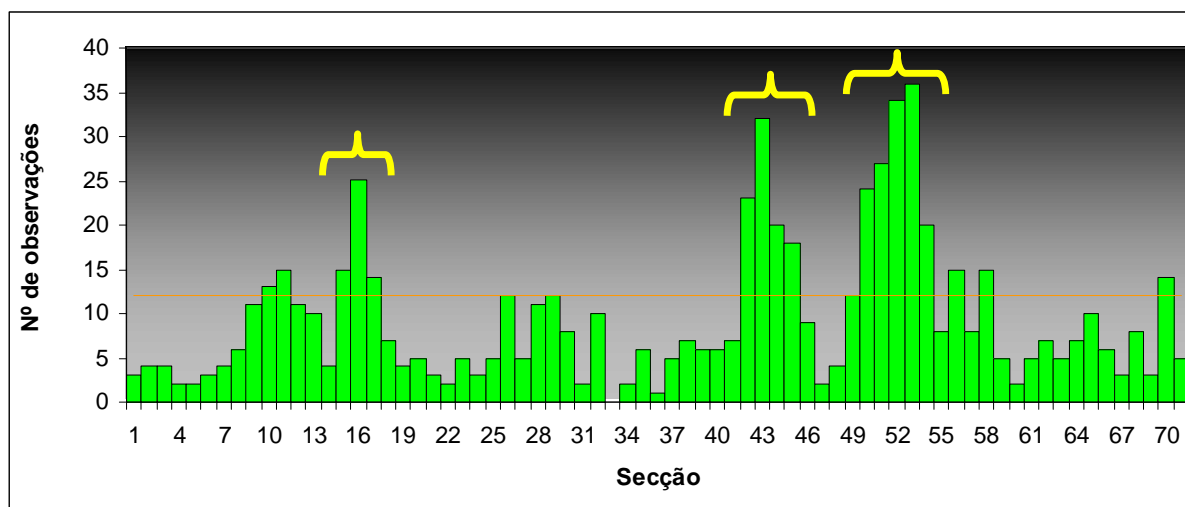


Figura 6.2 – Número de observações de atropelamentos de anfíbios ao longo do troço da M370 em estudo, por secção. Linha laranja: valor que define a presença de um possível ponto negro de mortalidade (PNM) ($n=12$). Linhas a amarelo definem três zonas onde a ocorrência de atravessamentos é significativamente maior (ver texto sobre a metodologia).

Mamíferos carnívoros

Foram detectados 59 carnívoros atropelados no troço de cerca de 30.7km do IP2 em estudo (dados de Clara Grilo), ou seja $\lambda=59/30.7=1.9$. Segundo a expressão da distribuição *poisson*,

para $\sum p(x) > 85\%$ então $2 > x > 3$. Optou-se por considerar o valor 3 a partir do qual se considera um PNM, sendo que $\sum p(3) = 87.3\%$.

Trinta e três observações (56% do total) foram consideradas como agregadas em PNM, tendo sido detectados oito pontos com mortalidade igual ou superior a 3 registos em secções de 1000 metros (fig.6.2). Assim, é possível que a aplicação de medidas pontuais neste troço de estradas, como a aplicação de passagens específicas para carnívoros, pudesse reduzir substancialmente o atropelamento de mamíferos carnívoros.

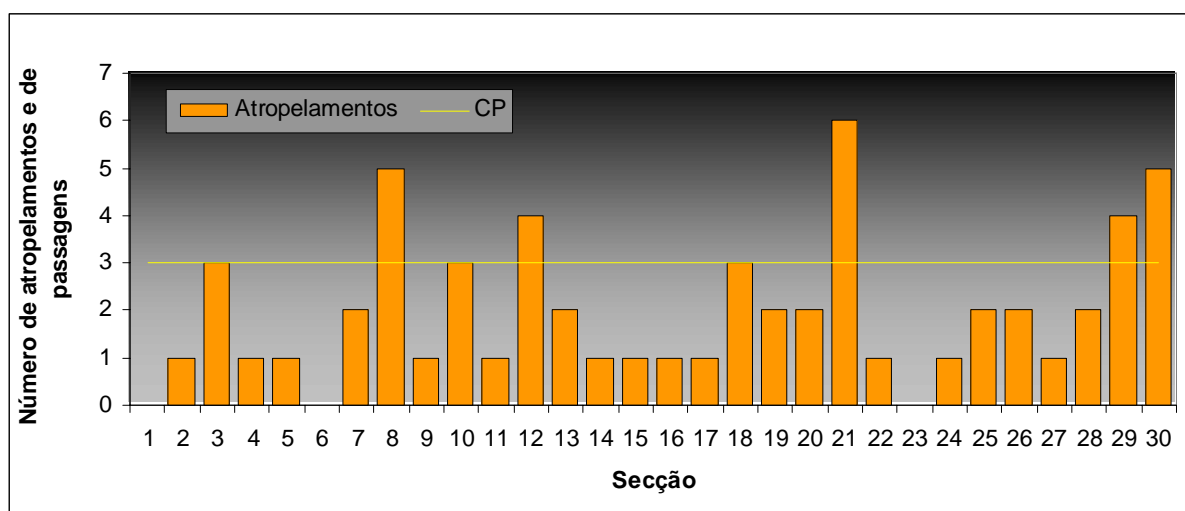


Figura 6.3 – Número de observações de atropelamentos de mamíferos carnívoros ao longo do troço do IP2 em estudo, por secção. Linha amarela: valor que define a presença de um possível ponto negro de mortalidade ($n=3$) (ver texto sobre a metodologia).

Relação da mortalidade por atropelamento com a presença de passagens hidráulicas

Anfíbios

Não foram encontradas diferenças significativas entre o número de observações registadas em redor de PHs com outras secções de estrada escolhidas aleatoriamente (MW: $U=311.5$, $n_1=25$, $n_2=25$; $p>0.9$)

Também não foram encontradas diferenças significativas entre o número de observações em secções com e sem PHs, para a totalidade de observações ($U=558.0$, $n_1=24$, $n_2=47$; $p>0.9$), para anuros ($U=466.0$, $n_1=24$, $n_2=46$; $p>0.2$) e para urodelos ($U=375.0$, $n_1=21$, $n_2=43$; $p>0.2$).

Mamíferos carnívoros

Verificou-se que as espécies atropeladas detectadas nas proximidades das PHs estudadas (ver cap.5) nem sempre coincidem com as espécies que usam as PHs para cruzar a estrada (tabela 6.6). Por outro lado, foram detectados indivíduos atropelados de uma dada espécie na proximidade de passagens utilizadas por indivíduos da mesma espécie.

Tabela 6.4 – Passagens hidráulicas (PHs) estudadas no IP2 utilizadas por mamíferos carnívoros para o cruzamento da rodovia (P – espécie presente), e nas imediações das quais (menos de 500m) foram detectados espécimes atropelados ([M] – espécie atropelada).

PHs	Espécies detectadas						
	Doninha	Fuinha	Geneta	Lontra	Raposa	Sacarabos	Texugo
18		P			P	P	P
19					P	[M]	
20		P			P	[M]	P,[M]
21	P	P	P		P		P,[M]
22		P,[M]	P	[M]	P	P	P
23		P,[M]	P	[M]	P	P	P
24		P		P	P	P	P
25		P			P,[M]	P	P
26		[M]				P	P
27	P	P	P		P,[M]	P,[M]	
28	P	P	P		[M]	P,[M]	
29		P	P			P	
30		P	P			P,[M]	
31		P,[M]	P		[M]		
32		P	P	P	P,[M]	P	
33	P	P			[M]	P,[M]	P
34			[M]		[M]	P	

Consideraram-se três grupos de secções relativamente ao número de atropelamentos de carnívoros:

- sem mortalidade (n=3);
- com mortalidade inferior a 3 indivíduos (n=19);
- com mortalidade superior a 3 indivíduos, ou seja, um PNM (n=7).

Não foram encontradas diferenças significativas entre os três grupos de mortalidade relativamente ao número de PHs ($K=3.305$; $n_1=3$ $n_2=19$ $n_3=7$; $p>0.3$), número de outras passagens (PS, PI, viadutos) ($K=2.400$; $n_1=3$ $n_2=19$ $n_3=7$; $p>0.3$) ou total de passagens em cada secção ($K=1.597$; $n_1=3$ $n_2=19$ $n_3=7$; $p>0.3$). Este resultado pode ser observado na figura 6.3 onde, de facto, não parece existir uma relação linear entre a presença de passagens e a mortalidade de carnívoros, ao longo do troço.

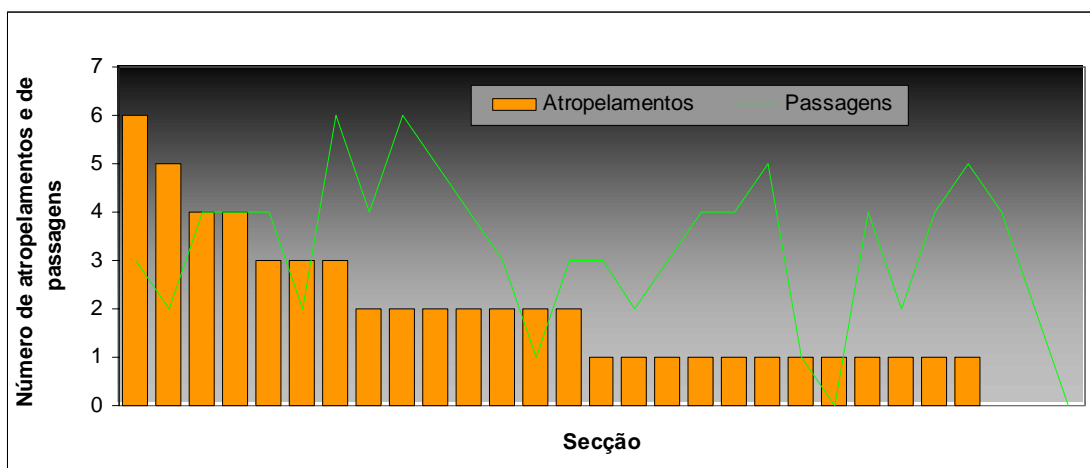


Figura 6.4 – Número de observações de atropelamentos de mamíferos carnívoros no troço do IP2 em estudo (por ordem decrescente) em relação com o número de passagens presentes (PHs, passagens inferiores, passagens superiores e viadutos), por secção.

Contabilizou-se o número médio de passagens em redor (menos de 500 metros) de cada carnívoro atropelado (n=59) detectado no IP2. Os resultados estão resumidos na tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Número médio de passagens presentes na proximidade (menos de 500 metros) de cada mamífero carnívoro detectado atropelado no troço do IP2 em estudo

Espécie	Geneta	Sacarrabos	Lontra	Fuinha	Texugo	Raposa	Total
Nº médio de passagens	0.33	1.50	2.00	2.08	3.00	3.74	2.57

De acordo com a tabela anterior, os atropelamentos de geneta parecem ocorrer em secções com baixa densidade de passagens. A raposa parece ser a espécie para a qual a presença de um maior número de passagens tem um menor efeito na diminuição da mortalidade.

6.4. Discussão

As estradas são elementos regulares na paisagem europeia e um dos seus impactes negativos mais importantes nos anfíbios é a mortalidade por atropelamento. No presente estudo cerca de 77.7% das observações referem-se a indivíduos atropelados, uma proporção bastante elevada atendendo ao reduzido nível de tráfego nesta estrada, principalmente no período nocturno. No entanto, estes números não são uma novidade: em diversos trabalhos sobre a mortalidade nas estradas os anfíbios surgem no topo da lista, englobando 70% a 80% da mortalidade global, nomeadamente em Portugal (Petronillo & Dias 2005).



Rela-meridional (*Hyla meridionalis*, Foto de Joseba del Vilar)

A elevada mortalidade nas estradas desta classe pode ser apontada como resultado de dois grandes factores: o ciclo biológico das espécies e a fragmentação dos habitats. De um modo geral, o ciclo biológico dos anfíbios desenrola-se em duas fases anuais – terrestre e aquática – o que obriga muitas espécies a realizarem migrações sazonais em busca de habitat favorável. Estas deslocações podem atingir alguns quilómetros, onde o cruzamento de vias rodoviárias pode constituir uma autêntica barreira física e comportamental. De facto, as estradas podem fragmentar populações de anfíbios ao intersectar rotas de movimentos em habitats outrora contínuos (Marsh et al 2005). Por outro lado, a fragmentação dos habitats por acção Humana destrói habitats favoráveis, afastando ou eliminando de uma forma bastante acelerada as populações. Esta distância pode quebrar a necessária conectividade indispensável à dinâmica das metapopulações, provocando o isolamento genético e a consequente extinção local das populações.

O uso das passagens hidráulicas por vertebrados foi já demonstrado em diversos trabalhos (ver cap.5). No entanto, de acordo com os nossos resultados, a presença de PHs na M370 não parece estar a ter um efeito mitigador significativo na mortalidade de anfíbios e restabelecimento da conectividade. Embora tenham sido observados alguns animais a usar estas estruturas (cap.5), o seu uso não parece ser generalizado. Como já foi referido, alguns autores sugerem que a distância máxima entre passagens deve ser entre 50 a 100 metros (Jackson 2003). Dado que a implementação em larga escala destas estruturas é praticamente impossível, sugere-se a aplicação destas passagens nos locais onde foram detectados pontos negros, ou seja, em 20 secções da M370. Estas passagens devem ser acompanhadas da implementação de barreiras que encaminhem os anfíbios para as entradas das passagens, de modo a maximizar a sua eficácia.

Porquê a implementação de passagens para fauna, nomeadamente para anfíbios? De facto, muitos autores sugerem que a mortalidade nas estradas é facilmente ultrapassada pela capacidade de recuperação das populações destes animais, nomeadamente pela sua elevada taxa de natalidade. Na verdade é ainda escasso o conhecimento sobre a eficácia das passagens na mitigação da mortalidade, a nível populacional. No entanto, vários trabalhos alertam para os impactes negativos das estradas nos anfíbios:

- Carr & Fahrig (2000) demonstraram que a maior intensidade do tráfego automóvel está correlacionada com a menor abundância de anfíbios;
- de acordo com Hels & Buchwald (2001), a probabilidade de os anfíbios serem atropelados quando tentam atravessar uma estrada com um tráfego inferior a 3207 veículos por dia varia entre 34% e 61%. Quando tentam atravessar uma auto-estrada este valor ascende de 89% a 98%;
- os resultados obtidos por Fahrig et al. (1995) indicavam que a mortalidade por atropelamento tem um efeito negativo significativo na densidade local de anuros, e que o recente aumento do volume de tráfego a nível global pode estar a contribuir para o declínio de anfíbios a nível mundial, particularmente em áreas com maior densidade populacional;

- também a probabilidade de ocupação de novos habitats (poças, lagos, etc) diminui com a intensidade de tráfego (Vos & Chardon 1998).
- a densidade de estradas alcatroadas está positivamente relacionada com o isolamento genético de rã-vermelha (*Rana temporaria*) (Reh & Seitz 1990; Hitchings & Beebee 1997) e de sapo-comum (*Bufo bufo*) (Hitchings & Beebee 1998); e negativamente relacionada com a riqueza específica de anfíbios e répteis em zonas húmidas (Findlay & Houlahan 1997).

Deste modo, a implementação de passagens específicas para anfíbios, em locais com elevada mortalidade, reveste-se de uma importância significativa. Acresce o facto de estes animais constituírem parte importante de espécies já de si ameaçadas, como é o caso do toirão (*Mustela putorius*) (Lodé 1995; 2000), espécie catalogada como DD – Insuficiência de Dados (Cabral *in press*).

Saliente-se ainda a identificação de duas novas espécies identificadas para a área, sapinho-de-verrugas-verdes, espécie aparentemente com distribuição mais pontual e localizada e rã-de-focinho-pontiagudo, que integra o Anexo II da directiva Habitats e está catalogada como NT - Quase Ameaçado (Cabral *in press*).

A Península Ibérica é hoje um importante foco de biodiversidade de herpetofauna. É urgente a coordenação entre os meios científicos, políticos e de engenharia biofísica de forma a estabelecer planos e medidas de gestão e conservação destas espécies, planos esses que têm necessariamente de passar por uma intervenção profunda e integrada na localização, traçado e desenho das infra-estruturas lineares.

Relativamente aos mamíferos carnívoros, embora estes resultados não sejam originários de um processo de amostragem abrangente, indiciam igualmente que a presença de PHs não é uma factor decisivo para eliminar a mortalidade destes animais. De facto, estes resultados sugerem que apesar das PHs poderem servir como caminho alternativo ao cruzamento das vias rodoviárias, muitos indivíduos da mesma espécie usam igualmente a via rodoviária como ponto de cruzamento, sofrendo assim colisões com os veículos.

Estas observações sugerem também que poderão existir características nas PHs que as tornam pouco atractivas a algumas espécies. De facto, observou-se que em cada atropelamento de

carnívoros no IP2 existiam entre zero a cinco PHs a menos de 500 metros de distância da ocorrência (média=2.57 passagens), sendo que em apenas quatro observações não existiam passagens no raio considerado, todas correspondentes a atropelamentos de geneta. Deste modo, talvez para espécies como a geneta, a mortalidade possa sofrer um incremento em troços onde não existem caminhos alternativos para cruzar a estrada, enquanto que para espécies como a raposa, apesar de existirem passagens na proximidade, os indivíduos preferem cruzar a via pelo pavimento. Talvez o comportamento necrófago da raposa, que se alimenta também de animais atropelados, possa contribuir significativamente para estas ocorrências, incrementando assim o risco de atropelamento (Jones 2000).

De salientar que todas as espécies de mamíferos carnívoros potencialmente ocorrentes na área de estudo foram identificadas usando as passagens hidráulicas ou em atropelamentos, à excepção do gato-bravo. Outrora com uma vasta distribuição geográfica na Europa ocidental, central e meridional, bem como na Ásia menor e caucásia, as populações actuais ocupam uma área bastante restrita e fragmentada, reflexo da elevada vulnerabilidade desta espécie (Ferreira 2001).

A análise realizada por Debinski & Holt (2000) a diversos estudos sobre a fragmentação dos habitats revelou que dos mais consistentes resultados, comuns aos trabalhos consultados, era que a capacidade de dispersão e a riqueza específica são positivamente afectadas pela presença de corredores e pelo grau de conectividade. Estes autores realçam ainda que alguns resultados só foram detectados em estudos de longo prazo (>14 anos), o que salienta a necessidade de realizar estudos com apoiados em períodos de amostragem mais longos. Deste modo, de acordo com os resultados obtidos e a bibliografia consultada, sugere-se que a instalação de estruturas específicas em certos pontos de maior mortalidade (ecodutos), bem como, e talvez mais importante, estruturas que encaminhem os animais para as passagens, devem ser prioridades a considerar pelo EP-EPE para a minimização dos impactes negativos das estradas na fauna selvagem.

7. Avaliação da importância das características da paisagem e das estradas na mortalidade de vertebrados por atropelamento

7.1. Introdução

A aplicação de medidas mitigadoras em toda a extensão de todas as estradas, eliminando por completo os impactes negativos das estradas na fauna é em si, certamente, uma ideia irrealista. De facto, devido ao seu elevado custo económico, a aplicação de medidas mitigadoras tem sido aplicada pontualmente, em geral em pontos de maior mortalidade por atropelamento.

Assim, a avaliação das características da paisagem e das estradas na distribuição espacial da mortalidade reveste-se de uma importância central, uma vez que permite a compreensão dos factores que poderão modular e influenciar a presença ou a ausência de pontos negros de mortalidade ao longo das rodovias.

Esta compreensão permite, numa fase posterior, extrapolar o conhecimento adquirido para outras áreas para as quais não existem ainda dados recolhidos, através da elaboração de modelos probabilísticos de ocorrência (Malo et al. 2004; Ramp et al. 2005; Seiler 2005). Estes modelos podem tornar-se poderosas ferramentas de gestão e conservação em ecologia de estradas, nomeadamente na correcta aplicação de medidas de mitigação ou no planeamento de futuras vias rodoviárias.

Neste capítulo pretendeu-se relacionar a mortalidade/passagem de anfíbios na rodovia com as características paisagísticas das zonas envolventes recorrendo ao uso de técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Os dados aqui tratados e analisados referem-se às observações nocturnas de anfíbios, na M370, já apresentados no capítulo anterior.

7.2. Metodologia

Análise de dados

De modo a verificar se existiam diferenças significativas entre células definidas como PNM e as restantes células (cap.6), para cada variável ambiental considerada, foram realizadas análises univariadas utilizando testes de Mann-Whitney (MW).

Com os dados relativos às localizações dos indivíduos (presença/ausência), foi possível elaborar modelos de distribuição potencial para algumas espécies e para locais de maior abundância (cap.6). Assim, recorreu-se à regressão logística afim de avaliar quais as variáveis com maior importância na distribuição das espécies/indivíduos. A selecção de variáveis para os modelos consistiu em dois passos:

- Testaram-se individualmente por regressão logística univariada todas os descritores macroambientais e todas as interacções possíveis entre cada dois descritores. Retiveram-se para o passo seguinte todos os descritores individuais e interacções significativas a um nível de significância $p = 0.25$ (Hosmer & Lemeshow, 2000);
- Com todos os descritores realizou-se uma regressão logística multivariada, por passos. Nesta regressão usou-se o método de selecção “backward” baseado na significância dos coeficientes de regressão avaliado pelo teste de Wald (Hosmer & Lemeshow, 2000). Os níveis de significância p , para a remoção ou reintrodução dos descritores ou interacções no modelo foram, respectivamente, 0.1 e 0.05.

Foram criados dois modelos distintos: um modelo da distribuição de maior abundância de anfíbios e um modelo de distribuição de rã-de-focinho-pontiagudo. Para o primeiro modelo foi considerado como variável binomial a presença ou ausência de ponto negro de mortalidade (PNM), definido de acordo com o capítulo 6. Dado que foram definidos apenas 20 PNM num total de 72 células (ver cap.6), foram seleccionadas aleatoriamente 20 células das restantes 52. Para o modelo de rã-de-focinho-pontiagudo foram consideradas as células com presença ($n=35$) ou ausência ($n=37$) de observações (mortos e vivos). Para este último modelo houve o

cuidado de modificar o ponto de separação dos casos bem e mal classificados (*cutoff point*), definindo, com base em Hosmer & Lemeshow (2000) como a proporção das presenças no total dos casos. O ajustamento dos modelos foi avaliado com base no valor da área sob a curva ROC. Os cálculos de regressão logística foram efectuados com o software SPSS 12.0.

De modo a verificar a utilidade dos modelos desenvolvidos, estes foram aplicados num trecho da EN2 que atravessa o Sítio de Monfurado. Utilizaram-se depois dados recolhidos numa saída nocturna (18-10-2004) onde foram observados 226 animais em cerca de 11.5km. A metodologia para definir os pontos negros foi a mesma da atrás descrita.

Variáveis ambientais

Como foi referido no capítulo 6, a estrada foi dividida em secções de 200m (cerca de 14.4km, 72 secções). Para cada ponto médio de cada secção foi criado um *buffer* de 100m em seu redor. Considerou-se que estes 3.125ha eram representativos de cada secção. Cada secção foi então caracterizada de acordo com os vários descritores ambientais apresentados na tabela 7.1, em ambiente SIG, utilizando o ArcView 3.2. Para a regressão logística todas as variáveis, excepto “PHs”, foram transformadas no seu logaritmo de base 10 (Log_{10}).

O Custo médio de caminho em função do declive (Custo) foi elaborado usando a extensão do Arcview *Cost Distance* (ESRI, 1999). A extensão permite criar uma *Grid* com o “custo” de passagem, sendo que o custo é tanto maior quanto maior for o declive.

Apenas foram seleccionadas as classes de solo dominantes em Monfurado, área de solos litólicos não húmicos (SLNH) e área de solos argiluvitados pouco insaturados (SAPI), que ocupam cerca 95% da área total (respectivamente 54% e 42%). Do mesmo modo, foram apenas considerados os usos de solo dominantes: área de coberto de montado com matos (MCM), área de coberto de montado sem matos (MSM) e área de coberto de montado sem matos (Ab). Estas classes ocupam cerca de 89% da área total (respectivamente 29%, 40% e 21%).

Tabela 7.1. – Descritores ambientais usados nas análises de regressão logística (são indicados os respectivos códigos e tipo de variável).

Variável	Código
Distância média às massas de água	DMMA
Distância média a ribeiras	DMR
Altitude média	AM
Declive médio	DM
Custo médio de caminho em função do declive	Custo
Área de solos litólicos não húmicos	SLNH
Área de solos argiluvitados pouco insaturados	SAPI
Área de coberto de montado com matos	MCM
Área de coberto de montado sem matos	Mnt
Área de coberto de áreas abertas	Ab
Número de passagens hidráulicas	PHs

7.3. Resultados

Análise univariada

Os resultados dos testes de Mann-Whitney para verificar se existiam diferenças significativas entre células definidas como PNM e as restantes células estão resumidos na tabela 7.2. Como se pode observar nesta tabela, os pontos de maior abundância de anfíbios a cruzarem a M370 parecem ter sido originados, fundamentalmente, em células próximas de massas de água (DMMA), com maior altitude média (AM), com menor custo de caminho (Custo) e com fraca cobertura de montado sem matos (Mnt).

Tabela 7.2 – Resultados dos testes de Mann-Witney (U) e significância (p) para verificar se existiam diferenças significativas entre células definidas como PNM (“PNM=1”, n=20) e as restantes células (“PNM=0”, n=52), relativamente às variáveis ambientais.

Variável	Rank PNM=0	Rank PNM=1	U	p
DMMA	41.5	23.5	260.0	0.001
DMR	34.5	41.6	418.0	0.200
AM	32.0	48.2	287.0	0.003
DM	35.5	39.0	470.0	0.530
Custo	41.7	23.0	250.0	0.001
SLNH	35.0	42.4	443.0	0.314
SAPI	38.3	31.9	428.0	0.231
MCM	35.8	38.4	482.0	0.629
Mnt	40.6	25.8	305.0	0.004
Ab	34.6	41.4	422.0	0.185
PHs	34.9	40.8	434.5	0.205

Análise multivariada

Modelo de distribuição de locais com maior abundância de anfíbios

Para o modelo de distribuição de locais com maior abundância de anfíbios foram seleccionadas as variáveis *Distância média às massas de água* (DMMA) e *Área de solos litólicos não húmicos* (SLNH). O modelo classificou correctamente 77.5% dos casos (75.0% das ausências e 80.0% das presenças)(tabela 7.2). De acordo com a curva ROC o modelo ajusta-se aos dados obtidos, sendo a área total debaixo da curva é igual a 0.796.

Modelo de distribuição de rã-de-focinho-pontiagudo

Para o modelo de distribuição de rã-de-focinho-pontiagudo foram também seleccionadas as variáveis DMMA e SLNH. O modelo classificou correctamente 73.6% dos casos (70.3.0% das ausências e 77.1% das presenças) (tabela 7.2). De acordo com a curva ROC o modelo tem

um ajustamento razoável aos dados obtidos, sendo a área total debaixo da curva é igual a 0.748.

Segundo estes modelos a probabilidade de existir uma maior abundância de anfíbios a atravessar as estradas, nomeadamente de rãs-de-focinho-pontiagudo, está associada à presença de solos litólicos não húmicos e proximidade de massas de água à rodovia.

Tabela 7.3 – Resumo dos modelos construídos para distribuição de locais com maior abundância de anfíbios e distribuição de rã-de-focinho-pontiagudo.

Modelo	Variável	Coefficiente	Wald	p-value
Distribuição de locais com maior abundância de anfíbios	Constante	13.77	6.86	0.009
	<i>Distância média às massas de água</i>	5.79	7.62	0.006
	<i>Área de solos litólicos não húmicos</i>	1.80	6.74	0.009
Distribuição de rã-de-focinho-pontiagudo	Constante	4.88	8.10	0.057
	<i>Distância média às massas de água</i>	2.20	5.17	0.023
	<i>Área de solos litólicos não húmicos</i>	2.73	8.10	0.004



Sapo-de-unha-negra (*Pelobates cultripes*)

Aplicação dos modelos na EN2

Os modelos atrás descritos foram aplicados à zona envolvente da EN2, uma estrada que atravessa o Sítio de Monfurado em cerca de nove quilómetros (fig.7.1). Apenas foi possível aplicar os modelos à zona envolvente destes 9 quilómetros uma vez que a informação SIG apenas está disponível no interior dos limites do Sítio de Monfurado.

Usaram-se depois os dados recolhidos numa noite de observação de anfíbios (18-10-2004), onde foram detectados 226 animais em cerca de 11.5km, para verificar se os dados coincidiam com a previsão da presença de PNM. A metodologia para definir os pontos negros

foi a mesma da atrás descrita (cap.6). Deste modo: $\lambda=226/(11.5/0.2)=3.9$, para $\sum p(x)>85\%$ então $x\approx 6$, sendo que $\sum p(12)=89.7\%$.

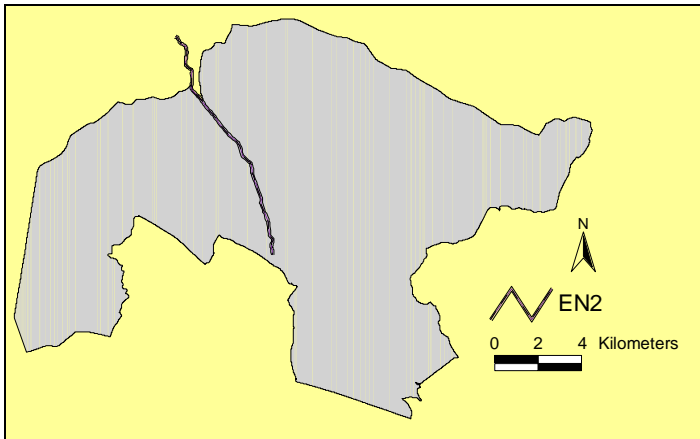


Figura 7.1 – Localização da EN2 (linha) no Sítio da Serra de Monfurado (área a cinzento)

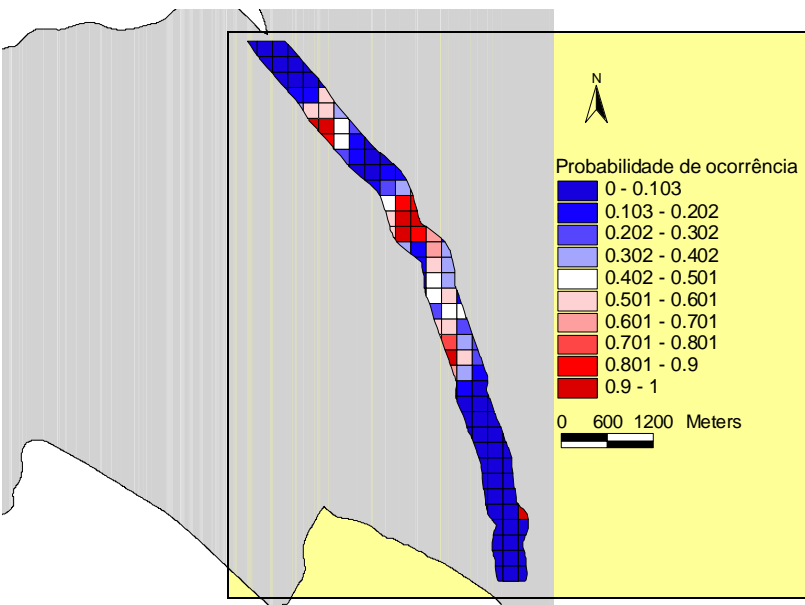


Figura 7.2 – Modelo de distribuição de locais com uma abundância de anfíbios estatisticamente superior (PNM) na zona envolvente à EN2. O gradiente desenvolve-se de azul-escuro (baixa probabilidade) até vermelho-escuro (alta probabilidade).

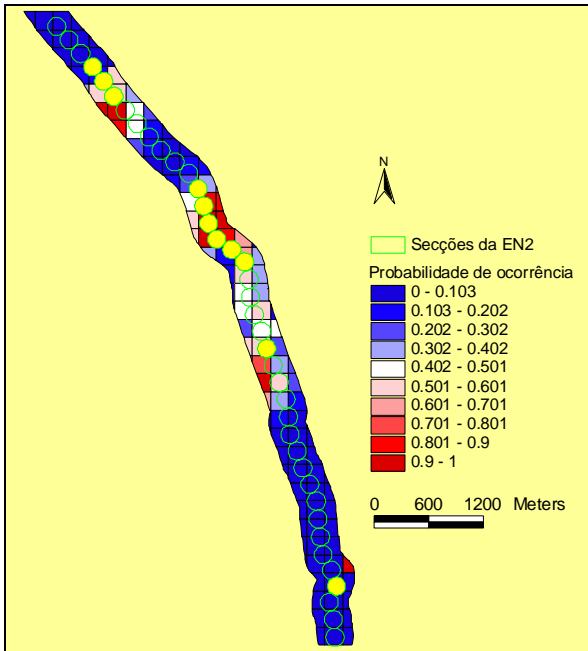


Figura 7.3 – Localização das secções da EN2 – círculos a verdes. Os círculos a amarelo representam as secções com uma abundância de anfíbios estatisticamente superior (PNM). É apresentado o modelo de distribuição de locais com uma abundância de anfíbios estatisticamente superior (PNM). O gradiente desenvolve-se de azul-escuro (baixa probabilidade) até vermelho escuro (alta probabilidade).

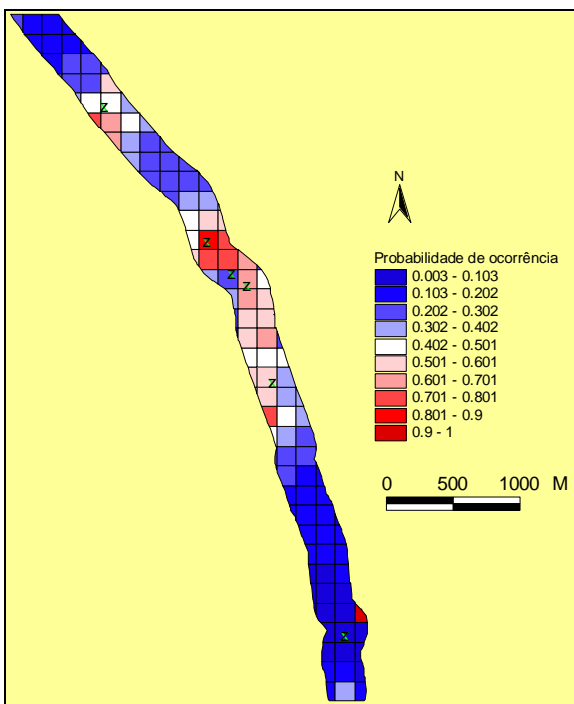


Figura 7.4 – Modelo de de distribuição de rã-de-focinho-pontiagudo na zona envolvente à EN2. O gradiente desenvolve-se de azul-escuro (baixa probabilidade) até vermelho escuro (alta probabilidade). Os pontos a verde representam as localizações de indivíduos desta espécie numa noite de observação de anfíbios (18-10-2004).

Como se pode observar pela figura 7.3, existe uma coerência bastante razoável entre os locais definidos pelo modelo como os com maior probabilidade de constituírem pontos negros (a vermelho), e as secções da EN2 onde de facto foram observados pontos com maior número de indivíduos a cruzarem a estrada (a amarelo). Podemos também observar na figura 7.4 que o modelo de distribuição de rã-de-focinho-pontiagudo parece prever de uma forma bastante razoável a presença desta espécie na zona envolvente à EN2. Desta forma é possível definir quais os melhores locais para implementar possíveis medidas de minimização dos impactes negativos das estradas, como túneis de passagem de anfíbios. De salientar que esta espécie integra o Anexo IV da Directiva Habitats pelo que é uma espécie prioritária em termos de conservação.

7.4. Discussão

Como se pôde observar pelos resultados obtidos, a presença de pontos de maior passagem de anfíbios nas estradas do Sítio de Monfurado pode ser previsto com alguma razoabilidade. Dado que os locais de maior passagem são aqueles onde se verifica uma maior mortalidade, a delimitação destes locais mais problemáticos permite racionalizar e gerir a aplicação de medidas de minimização e, simultaneamente, maximizar a sua eficácia.

Os resultados sugerem que troços de estrada localizados perto de massas de água e com declives suaves são, com uma grande probabilidade, locais de passagem para um grande número de anfíbios durante os movimentos migratórios. Assim, no delineamento de novas vias rodoviárias, deverão ser aplicadas estruturas que evitem o cruzamento destes pequenos vertebrados pelo pavimento (túneis e barreiras de anfíbios).

Na figura apresentada acima, é possível observar a proximidade de massas de água relativamente à M370. Os pontos a verde representam as observações de anfíbios e as miras a amarelo a localização das passagens hidráulicas existentes. A distância entre cada PH neste pequeno troço, por exemplo, varia entre 100m e 170m. Deste modo, com ligeiras modificações nas PHs existentes e a aplicação de barreiras para conduzir os animais para estas passagens poderia obter-se um efeito mitigador bastante acentuado. De facto, só neste troço com cerca de 800m, onde foi encontrado um ponto negro de mortalidade (PNM), foram

observados 96 indivíduos. Consta-se assim que a minimização dos impactes das estradas é uma medida rápida, de fácil aplicação e com custos reduzidos.



Zona de passagem de anfíbios na M370. Podem observar-se as massas de água na proximidade da estrada.

A relação encontrada entre a existência de PNM nas estradas com a proximidade de massas de água tem, de facto, uma compreensão imediata. Como já foi referido, a duas fases do ciclo de vida dos anfíbios, aquática e terrestre, obrigam os animais a realizarem migrações sazonais de e para massas de água, encontrando muitas vezes estradas interceptando essas rotas (Marsh 2005). Assim, aquando do planeamento de novas vias rodoviárias, devem ser tomadas precauções para evitar construir uma via rodoviária próxima de massas de água, ou incluir nos planos de projecto dessa estrada a construção de passagens e barreiras condutoras para anfíbios. No entanto, o conhecimento sobre as distâncias que as diferentes espécies percorrem nas migrações limita igualmente o saber quão perto estão as massas de água das estradas. Ou seja, a partir de que distância é aconselhável a construção de passagens de anfíbios.

Segundo o modelo de distribuição de locais com uma abundância de anfíbios estatisticamente superior aqui apresentado, e considerando como nula a *área de solos litólicos não húmicos* (SLNH), constatamos que a probabilidade de aparecer um PNM numa estrada é de 86% caso haja uma massa de água a menos de 110 metros (fig.7.5). Desta forma, embora seja escasso o conhecimento sobre qual a distância que as diferentes espécies podem percorrer nos movimentos migratórios, é perfeitamente plausível que as espécies presentes no sítio de Monfurado possam percorrer pelo menos 110 metros nestas deslocações. De facto, no estudo

realizado por Hels & Buchwald (2001), as distâncias referidas para espécies similares às ocorrentes em Monfurado estavam compreendidas entre 350m (*Rana arvalis*) e 1200m (*Pelobates fuscus*).

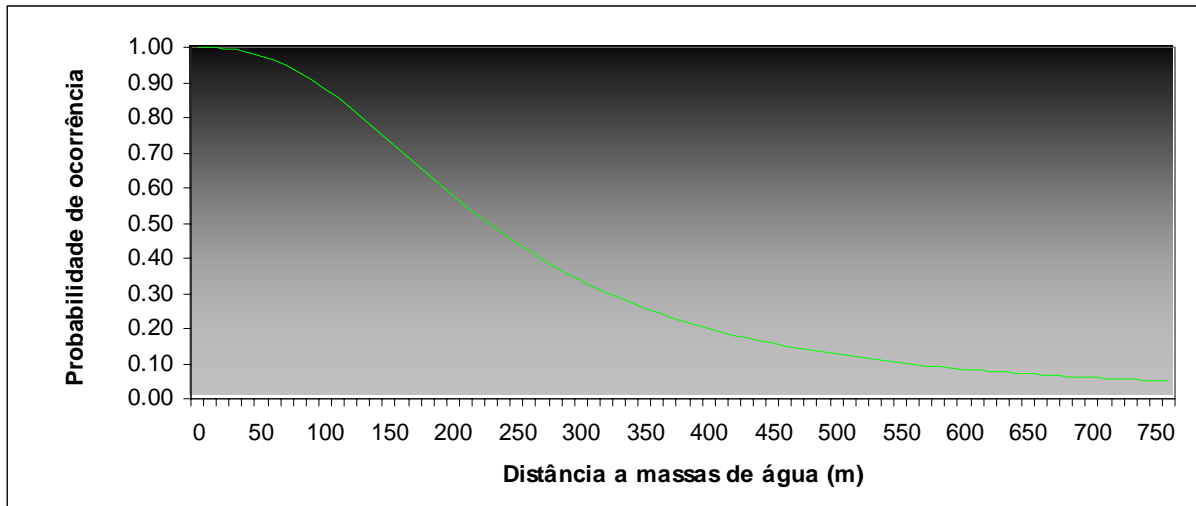


Figura 7.5 – Probabilidade de ocorrência numa estrada de locais de passagem de anfíbios em número estatisticamente superior, em função da distância a massas de água.

Assim, para as estradas do Sítio de Monfurado cujo traçado se aproxima de massas de água em menos de 110 metros, sugerimos a implementação de passagens e barreiras para anfíbios nesses pontos.

8. Discussão final

No momento em que a biologia da conservação procura perceber as forças que influenciam a viabilidade das populações e ecossistemas, é necessário compreender os efeitos negativos das infra-estruturas humanas, particularmente quando somos chamados a participar no desenvolvimento e implementação de estratégias para a conservação e recuperação da diversidade e integridade biológica (Trombulak & Frissel 2000). A ecologia de estradas, deve fornecer soluções que permitam a protecção das espécies nas paisagens modernas, onde os habitats são continuamente alterados, fragmentados e destruídos por estas infra-estruturas que contribuem para restringir os organismos a inviáveis densidades populacionais.

Como refere Iuell et al. (2003), devemos considerar a fragmentação num cenário holístico, pelo que a aplicação de medidas para incrementar a permeabilidade das estradas e, simultaneamente, tornar menor o risco de atropelamento deve integrar informação de diversos domínios, nomeadamente a eficácia de passagens de fauna, modelos preditivos de pontos negros de mortalidade e a biologia das diferentes espécies, incluindo os aspectos relativos à selecção de habitat e ao uso do espaço. Só assim se pode garantir o sucesso de programas de conservação.

O presente estudo pretendeu dar um primeiro contributo ao complexo processo de tornar as estradas mais permeáveis aos movimentos da fauna silvestre. De acordo com os dados apresentados, constatámos que os vertebrados usam de facto as passagens hidráulicas para atravessar as vias rodoviárias. No entanto, uma análise mais detalhada sugere que estas estruturas poderão não ser suficientes na mitigação dos atropelamentos e dos efeitos de barreira nas populações de todas as espécies. A aplicação de passagens específicas e de outras medidas de mitigação incluindo estruturas que limitem o acesso dos animais à rodovia e a recuperação/implementação de corredores que os conduzam naturalmente aos locais seguros de passagem nos pontos críticos de mortalidade, deve então ser considerada como uma medida a ter em conta.

O uso de ferramentas SIG é uma ajuda com um grande potencial no apoio à decisão sobre a localização destas passagens ou de outras medidas de minimização de impactes, tal como demonstram os nossos resultados. Contudo as intervenções de pormenor não dispensarão uma análise detalhada no campo.

Por último, deve ser salientado que estes dados foram recolhidos em períodos de amostragem relativamente curtos e que o esforço de amostragem foi igualmente reduzido e que por isso devem ser considerados como uma primeira contribuição, em Portugal, para a mitigação dos impactes das rodovias na fauna.

Interessará particularmente aos construtores, promotores e concessionários das rodovias o aprofundamento do conhecimento nas várias vertentes da interacção entre as estradas e a fauna para que se possam desenvolver soluções integradas e detalhadas que resultem numa optimização do binómio custo/benefício e se traduzam num aumento significativo da eficácia das medidas mitigadoras. Nas lacunas ainda existentes destacam-se o escasso conhecimento sobre o uso das PHs por pequenos vertebrados (micromamíferos, répteis, anfíbios, etc); o uso pelos animais de passagens aéreas ou outro tipo de passagens que não as PHs; o efeito de repulsa das estradas resultante de perturbação versus o efeito de atracção devido à disponibilidade de alimento; o impacto da mortalidade na viabilidade de populações isoladas; o efeito do isolamento genético decorrente da fragmentação de populações; etc.



PH de da M370, em Monfurado

Refrências bibliográficas

- A.M.D.E. 2001/03. Dados fornecidos pela Associação de Municípios do Distrito de Évora.
- Ascensão, F. 2001a. Mortalidade de vertebrados por atropelamento no IP2 (troços Portalegre - Monforte e S. Manços - Portel) e na EN4 (troço Vendas Novas-Montemor). p. 2-15 in Mortalidade de Vertebrados por Atropelamento em Estradas do Alto Alentejo. Relatório de estágio para obtenção da Licenciatura em Biologia Aplicada aos Recursos Animais - Variante Terrestres. F.C.U.L. Lisboa.
- Ascensão, F. 2001b. Variação espacial e temporal da mortalidade de vertebrados por atropelamento num troço do IP2, entre Portalegre e Monforte. p. 21-42 in Mortalidade de Vertebrados por Atropelamento em Estradas do Alto Alentejo. Relatório de estágio para obtenção da Licenciatura em Biologia Aplicada aos Recursos Animais - Variante Terrestres. F.C.U.L. Lisboa.
- Beier P, Noss RF (1998) Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12: 1241-1256.
- Bekker, G.J. (2002) Introduction. In: Trocmé, M.; Cahill, S.; De Vries, J.G.; Farrall, H.; Folkson, L.; Fry, G.; Hicks, C. e Peymen, J. (Eds.) *COST 341 - Habitat Fragmentation due to transportation infrastructure: The European Review*. pp. 15-17.
- Cabral M.J. (coord.), Almeida J., Almeida P.R., Dellinger T., Ferrand de Almeida N., Oliveira M.E., Palmeirim J.M., Queiroz A.I., Rogado L. and Santos-Reis M. (eds). *in press*. Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa.
- Cain A, Tuovila V, Hewitt D, Tewes M (2003) Effects of a highway and mitigation projects on bobcats in Southern Texas. *Biological Conservation* 114:189-197
- Carr LW, Fahrig L (2001) Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conservation Biology* 15: 1071-1078
- Clevenger AP, Chruszcz B, Gunson K (2001) Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology* 38: 1340-1349

- Clevenger AP, Waltho N (2000) Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology* 14: 47-56.
- Clevenger AP, Waltho N (2005) Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large animals. *Biological Conservation* 121: 453-464
- De Vries H, Damarad T (2002) Executive Summary. In: Trocmé, M.; Cahill, S.; De Vries, J.G.; Farrall, H.; Folkesson, L.; Fry, G.; Hicks, C. e Peymen, J. (Eds.) *COST 341 - Habitat Fragmentation due to transportation infrastructure: The European Review*, pp. 11-14. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Debinski DM, Robert DH (2000) A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* 14: 342-355.
- Marsh DM, Milam GS, Gorham NP, Beckman NG (2005) Forest roads as partial barriers to terrestrial salamander movement. *Conservation Biology* 19:2004-2008.
- Dodd Jr CK, Barichivich WJ, Smith LL (2004) Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation* 118: 619-631
- Fahrig L, Merriam G (1994) Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology* 8: 50-59
- Fahrig L, Pedlar JH, Pope SE, Taylor PD, Wegner JF (1995) Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation* 73:177-182
- Farrall, H; Bouwma, I.M. e Fry, G. 2002. European Nature e transportation Infrastructure. In: Trocmé, M.; Cahill, S.; De Vries, J.G.; Farrall, H.; Folkesson, L.; Fry, G.; Hicks, C. e Peymen, J. (Eds.) *COST 341 - Habitat Fragmentation due to transportation infrastructure: The European Review*, pp. 51-71. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Ferreira JP (2001) Análise dos factores condicionantes na distribuição de gato-bravo (*Felis silvestris*) no Sítio Moura-Barrancos. Dissertação de Mestrado.
- Forman RT (1995) Land mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge. University Press, Cambridge.

- Forman RT, Alexander LE (1998) Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecological Systems* 29: 207-231
- Forman RT (2000) Estimate of the area affected zone ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology* 14(1): 31-35.
- Foster ML, Humphrey SR (1995) Use of highway underpasses by Florida panthers and other wildlife. *Wildlife Society Bulletin* 23: 95–100
- Gibbs JP, Shriver G (2002) Estimating the Effects of Road Mortality on Turtle Populations. *Conservation Biology* 16: 1647-1652
- Godinho R, Teixeira J, Rebelo R, Segurado P, Loureiro A, Álvares F, Gomes N, Cardoso P, Camilo-Alves C & Brito J (1999) Atlas of the continental Portuguese herpetofauna: an assemblage of published and new data. *Rev.Esp.Herp.* 13:61-82.
- Goosem M (2001) Effects of tropical rainforest roads on small mammals: inhibition of crossing movements. *Wildlife Research* 28: 351 – 364
- Haddad NM, Brown DR, Cunningham A, Danielson BJ, Levey DJ, Sargent S, Spira T (2003) Corridors use by diverse taxa. *Ecology* 84: 609-615.
- Haskell D (2001) Effects of forest roads on macroinvertebrate soil fauna of the Southern Appalachian Mountains. *Conservation Biology* 14: 57-63
- Hels T, Buchwald E (2001) The effect of roadkills on amphibian populations. *Biological Conservation* 99: 331-340.
- Hodson NL (1960) A survey of vertebrate road mortality. *Bird Study* 7: 224-231
- Hosmer DW, Lemeshow S (2000) *Applied Logistic Regression*, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.
- Iuell B, Bekker GJ, Cuperus R, Dufek J, Fry G, Hicks C, Hlavác V, Keller VB, Rosell C, Sangwine T, Tørsløv N, B. le Maire (Eds.) (2003) *Wildlife and traffic: a european handbook for identifying conflicts and designing solutions*

- Jackson S (2003) Proposed Design and Considerations for Use of Amphibian and Reptile Tunnels. Department of Natural Resources Conservation. University of Massachusetts, Amherst. URL: http://www.umass.edu/nrec/pdf_files/herp_tunnels.pdf
- Jones ME (2000) Road upgrade, road mortality and remedial measures: impacts on a population of eastern quolls and Tasmanian devils. *Wildlife Research* 27: 289 – 296
- Jongman RH, ter Braak CJ, van Tongeren OF (1995) Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge
- Kuitunen M, Rossi E, Stenroos A (1998) Do highways influence density of landbirds? *Environmental Management* 22: 297-302
- Lodé T (1995) Activity pattern of polecats *Mustela putorius* L. in relation to food habits and prey activity. *Ethology* 100:295-308.
- Lodé T (2000) Functional response and area-restricted search in a predator: seasonal exploitation of anurans by the European polecat, *Mustela putorius*. *Austral Ecology* 25:223-231
- Mader HJ (1984) Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation* 29:81-96
- Malo JE (2005) How Many Days to Monitor a Wildlife Passage? Species Detection Patterns and the Estimation of Vertebrate Fauna Using Crossing Structures in a Motorway. Sessão oral na International Conference on Ecology & Transportation. San Diego, EUA.
- Malo JE, Suárez F, Diéz A (2004) Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology* 41: 701-770
- Mata C, Hervás I, Herranz J, Suárez F, Malo J (2005) Complementary use by vertebrates of crossing structures along a fenced Spanish motorway. *Biological Conservation* 124: 397-405
- McDonald W, StClair CC (2004) Elements that promote highway crossing structure use by small mammals in Banff National Park. *Journal of applied Ecology* 41: 82-93
- Mira, A; A. Galantinho; A. Silva; C. Encarnação; F. Ascensão; F. carvalho; F. mestre; D. Figueiredo; A. Oliveira; O. Miralto; P. R. Almeida; R. A. Espanhol; J. Ferreira; P. Sá-Sousa; N. Baptista; J. Rabaça & C. Godinho (2004a). Serra de Monfurado. Conservação e Valorização do

- Património Natural – 2ª fase. Estudos de Fauna. 3º Relatório de Progresso. Unidade de Biologia da Conservação, Universidade de Évora.
- Ng SJ, Dole JW, Sauvajot RM, Riley SPD, Valone TJ (2004) Use of highway undercrossings by wildlife in southern California. *Biological Conservation* 115: 499-507
- Oxley DJ, Fenton MB, Carmody GR (1974) The effects of roads on populations of small mammals. *Journal of Applied Ecology* 11: 51-59
- Petronillo JMS, Dias CMM (2005) Impact of two forest roads upon wildlife after a road pavement change in a coastal area in the center of Portugal. *Wildlife Biology in Practice* 1:128-139
- Philcox CK, Grogan AL, MacDonald DW (1999) Patterns of Otter *Lutra lutra* road mortality in Britain. *Journal of Applied Ecology* 36: 748-762
- Putman R J (1997) Deer and road traffic accidents: options for management. *Journal of Environmental Management* 51:43-57
- Ramp D, Caldwell J, Edwards K, Warton D, Croft D (2005) Modeling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia *Biological Conservation* 126: 474-490
- Rodríguez A, Crema G, Delibes M (1996). Use of non-wildlife passages across a high speed railway by terrestrial vertebrates. *Journal of Applied Ecology*, 33: 1527-1540.
- Saunders DA, Hobbs RJ, Margules CR (1991) Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-31
- Seiler A (2001) Ecological effects of roads – a review. Introductory Research Essay Swedish University Uppsala
- Seiler A (2005) Predicting locations of moose–vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology* 42:371-382
- Seiler A (2002) Key Ecological Concepts. In: Trocmé, M.; Cahill, S.; De Vries, J.G.; Farrall, H.; Folkesson, L.; Fry, G.; Hicks, C. e Peymen, J. (Eds.) COST 341 - Habitat Fragmentation due to transportation infrastructure: The European Review, pp. 19-29. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

- Seiler A. 2003. *The toll of the automobile: Wildlife e roads in Sweden*. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. 48 pp
- Spellerberg IF (1998) Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7: 317-333
- Taylor BD, Goldingay RL (2003) Cutting the carnage: wildlife usage of road culverts in north-eastern New South Wales. *Wildlife Research* 30: 529 – 537
- ter Braak CFJ (1986) Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- ter Braak CFJ, Šmilauer P (2002) CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide Software for canonical community ordination, version 4.5 Microcomputer Power, Ithaca NY, USA
- Trocme, M.; Cahill, S.; de Vries, J.G.; Farrall, H.; Folkesson, L.G.; Hichks, C. e Peymen, J. (eds). 2003. COST 341 - Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure: The European Review. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg
- Trombulak SC, Frissell CA (2000) Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14: 18-30
- Vos CC, Chardon JP (1998). Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis*. *Journal of Applied Ecology* 35, 44-56.
- Yanes M, Velasco J, Suárez F (1995) Permeability of roads e railways to vertebrates: the importance of culverts. *Biological Conservation* 71: 217-222
- Zar JH (1984) *Biostatistical analysis*. 2nd ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey

Anexos

