



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**Mestrado em Biologia da Conservação**

**Dissertação**

**“Contributos para a previsão da ocorrência de  
acidentes rodoviários por colisão com javalis (*Sus  
scrofa*)”**

Estrela Matilde

**Orientador:**

Dr. António Mira

**Coorientador:**

Dr.ª Sara Santos

**Mestrado Biologia da Conservação**

**Dissertação**

**"Contributions to the prediction of road-collision accidents with wild boar (*Sus scrofa*)"**

Estrela Matilde

**Orientador:**

Dr. António Mira

**Coorientador:**

Dr.ª Sara Santos

*I learned long ago, never to wrestle with a pig, you  
get dirty; and besides, the pig likes it.*

George Bernard Shaw.

## | AGRADECIMENTOS

Agradeço aos Comandos Territoriais de Évora, Beja, Portalegre e Faro, a cedência dos dados utilizados neste trabalho. Ao comando territorial de Setúbal a disponibilidade em nos receber na recolha da informação, que apenas não foi possível devido a constrangimentos temporais. À Direção Regional de Florestas do Alentejo, em especial à Dr.<sup>a</sup> Ana Hora, pelas respostas sempre breves e positivas. A todos os destacamentos de trânsito, que me atenderam altas horas e viajaram comigo pelas estradas e quilómetros deste Portugal através do telefone.

Ao Giovanni Manghi e à Faunalia, pelo apoio na hora SIG. Quero agradecer também, com tanto carinho quanto se pode ter por um *software* informático, ao GoogleEarth, por ser quem é e não pedir mais do que lhe podemos dar.

Ao Dr. Pedro Santos, pelo gabinete à disposição e pela fantástica biblioteca. Ao Dr. Carlos Fonseca pela disponibilidade e cedência de bibliografia.

À Dr.<sup>a</sup> Sara Santos, por ter aceitado a difícil tarefa de me orientar e ter sido uma orientadora exemplar, sempre pronta a explicar tudo muito devagarinho e com muita paciência, e por fazer o R parecer tão simples. Obrigada por me fazeres pensar. Ao Dr. António Mira pela disponibilidade e vontade de fazer sempre mais e melhor.

A todos os amigos, que compreenderam e não se deixaram vencer pelo feitio tese. Aos velhos, que pela minha vida continuam, e aos novos, que fazem com que valha a pena falar com estranhos.

À minha família, que continua a razão do meu viver, e me incha de orgulho, independentemente de qualquer dieta. Ao meu Puffy Emanuel, por ser um cão como eu e amar-me incondicionalmente, e agora ao Favo... por ser de mel!

À Maria. Por continuar a ser o meu atilho.

**Um obrigada sentido a todos.**

## | ÍNDICE

ÍNDICE DE IMAGENS .....	6
ÍNDICE DE TABELAS .....	7
RESUMO.....	9
ABSTRACT .....	10
INTRODUÇÃO GERAL.....	11
OBJETIVOS .....	16
ÁREA DE ESTUDO .....	17
ARTIGO CIENTÍFICO .....	21

“Uso da distância de PenRose para identificar o risco de atropelamento de javalis (*Sus scrofa*) no sul de Portugal.”

1. Resumo .....	21
2. Introdução .....	22
3. Métodos .....	25
4. Resultados .....	33
5. Discussão .....	47
6. Bibliografia .....	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63

## | ÍNDICE DE IMAGENS

Figura 1   Área de estudo: Distritos do sul de Portugal e rede viária abrangida pelo projeto (fonte: IGEOE 2011). .....	17
Figura 2   Usos do solo presentes na área de estudo (fonte: Caetano et al. 2009).....	19
Figura 3   Rede de hexágonos ao longo da rede viária da área de estudo.....	27
Figura 4   Localização dos 221 atropelamentos de javali recolhidos pela GNR no sul de Portugal.....	34
Figura 5   Distribuição dos registos de atropelamentos para os vários distritos ao longo do estudo.....	35
Figura 6   Mapa de risco de atropelamento de javalis no sul do país com base nos valores da distância de PenRose. Risco muito elevado: vermelho; Risco elevado: amarelo; Risco moderado: verde; Risco reduzido: azul. ....	36
Figura 7   Mapa dos troços de estrada com risco muito elevado de atropelamento de javalis (Distância de PenRose 0,16 - 0,48) no distrito de Portalegre.....	40
Figura 8   Mapa dos troços de estrada com risco muito elevado de atropelamento de javalis (Distância PenRose 0,16 - 0,48) no distrito de Évora. ....	41
Figura 9   Mapa dos troços de estrada com risco muito elevado de atropelamento de javalis (Distância PenRose 0,16 - 0,48) no distrito de Beja.....	43
Figura 10   Mapa dos troços de estrada com risco muito elevado de atropelamento de javalis (Distância PenRose 0,16 - 0,48) no distrito de Setúbal. ....	44
Figura 11   Mapa das estradas com risco muito elevado (Distância PenRose 0,16 - 0,48) de atropelamento de javalis no distrito de Faro.....	46
Figura A 1   Índice de javalis caçados (nº animais caçados / ano / 100ha) nas áreas de caça com montarias no sul de Portugal. Sem dados: 0,00; Reduzido: 0,001-0,45; Médio: 0,46-	

0,84; Elevado: 0,85-1,59; Muito elevado: 1,60-21,95. Valor mínimo = 0,00, valor máximo = 21,99, média = 1,31 e desvio-padrão = 1,66. .... 72

Figura A 2 | Raster da interpolação do índice de caça (nº animais caçados / ano / 100ha) conseguido através da distância inversa ponderada (IDW; Inverse Distance Weighted). Valores-corte agrupados com base nos quartis (valores no 25º e 75º percentil). Valor mínimo = 0,0013, valor máximo = 6,9115, média = 1,1529 e desvio-padrão = 0,4148. .... 73

## | ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 | Variáveis ambientais usadas na caracterização dos sectores de estrada associados aos hexágonos. Valores mínimos e máximos. .... 30

Tabela 2 | Ocorrências de atropelamentos de javalis recolhidos pelos vários destacamentos de trânsito da GNR no sul de Portugal, em cada tipologia de estrada (A - Autoestrada, IP/IC - Itinerário Principal/Complementar, EN/ER - Estrada Nacional/Regional e EM - Estrada Municipal). .... 33

Tabela 3 | Percentagem de cada uma das classes de risco de atropelamento por distrito, e número de troços de estrada analisados. Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72..... 37

Tabela 4 | Ordenação das variáveis por importância no modelo. Média e Desvio padrão (DP) das variáveis na totalidade da área de estudo (AE) e nos hexágonos com atropelamento (atrop). Valores da Correlação de Spearman ( $r_s$ ) entre as variáveis ambientais e o valor final da estatística da distância de PenRose. Valor de significância de cada correlação (P). .... 38

Tabela 5 | Percentagem de cada uma das classes de risco (Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72), e número de troços em cada classe, por tipo de estrada, no distrito de Portalegre. Autoestrada (A), Estrada Nacional/Regional (EN/ER), Itinerário Principal/ Complementar (IP/IC) e Estrada Municipal (EM). .... 40

Tabela 6 | Percentagem de cada uma das classes de risco (Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72), e número de troços em cada classe, por tipo de estrada, no distrito de Évora. Autoestrada (A), Estrada Nacional/Regional (EN/ER), Itinerário Principal/ Complementar (IP/IC) e Estrada Municipal (EM). ..... 42

Tabela 7 | Percentagem de cada uma das classes de risco (Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72), e número de troços em cada classe, por tipo de estrada, no distrito de Beja. Autoestrada (A), Estrada Nacional/Regional (EN/ER), Itinerário Principal/ Complementar (IP/IC) e Estrada Municipal (EM). ..... 43

Tabela 8 | Percentagem de cada uma das classes de risco (Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72), e número de troços em cada classe, por tipo de estrada, no distrito de Setúbal. Autoestrada (A), Estrada Nacional/Regional (EN/ER), Itinerário Principal/ Complementar (IP/IC) e Estrada Municipal (EM). ..... 45

Tabela 9 | Percentagem de cada uma das classes de risco (Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72), e número de troços em cada classe, por tipo de estrada, no distrito de Faro. Autoestrada (A), Estrada Nacional/Regional (EN/ER), Itinerário Principal/ Complementar (IP/IC) e Estrada Municipal (EM). ..... 46

Tabela A 1 | Valores de Correlação de Spearman ( $r_s$ ) entre as várias variáveis ambientais. 71

## **“Contributos para a previsão da ocorrência de acidentes rodoviários por colisão com javalis (*Sus scrofa*)”**

### **| RESUMO**

Os acidentes rodoviários entre veículos e animais são uma realidade preocupante que justifica esforços no sentido de os mitigar. Desenvolver modelos que possam prever os locais potencialmente suscetíveis de acidentes, onde se possam implementar medidas de mitigação para melhorar, não só a sobrevivência das espécies mas principalmente a segurança rodoviária, é o principal objetivo deste trabalho.

A partir de 221 registos de acidentes rodoviários com javalis (*Sus scrofa*) recolhidos nos últimos 12 anos no sul de Portugal, foi possível construir um modelo preditivo do risco de atropelamento com base na distância de PenRose.

As variáveis mais importantes na construção do modelo foram a presença de vias rápidas e o incremento das áreas de matos na envolvente das rodovias, que diminuem o risco de atropelamento e a existência de áreas agrícolas abertas onde esse risco é aumentado. De um modo geral, as Estradas Nacionais/Regionais e Estradas Municipais são aquelas onde existe um risco mais elevado de atropelamento, e por tal com um maior peso na decisão da implementação de medidas de mitigação. Também foi claro o maior risco associado aos distritos de Évora, Beja e Portalegre, relacionado de um modo geral com a paisagem agrícola onde se integram os principais locais de alimentação para a espécie.

# "Contributions to the prediction of road-collision accidents with wild boar (*Sus scrofa*)"

## | ABSTRACT

Road accidents between vehicles and animals are a troubling reality that justifies efforts to mitigate them. The main objective of this work is the development of models that can predict road sections potentially susceptible to collisions and where, mitigation measures improving not only the survival of species but mostly road safety can be implemented.

We used 221 records of road accidents with wild boar (*Sus scrofa*) collected in the last 12 years in the south of the Portugal. The data was analyzed with the Penrose Distance. A predictive model of road accidents with wild boars for southern Portugal was built as a risk map for the paved road network.

In general, the most important variables in the models were the highways and the presence of shrub areas in the surroundings of road, that diminishes the risk of collisions and the existence of open agricultural areas where the risk is increased. National/ Regional and Municipal Roads present higher risk for wild boar collisions. The districts of Évora, Beja and Portalegre had a higher risk of wild boar roadkill when compared to Faro and Setúbal.

As estradas são corredores de transporte desenvolvidos pelos seres humanos para a circulação de pessoas e bens. Porém, são também sistemas extensos, tanto em comprimento como na área que ocupam, atravessando e dissecando a maioria das paisagens e habitats terrestres (Bennett 1991).

Estas infraestruturas afetam todos os tipos de vida no planeta Terra, desde pequenos invertebrados até animais de grande porte (Smith-Patten & Patten 2008). Desencadeiam por isso uma série de efeitos ecológicos primários, como a destruição dos habitats, degradação de diversos ecossistemas e a total reconfiguração da paisagem local (Bennett 1991, Spellerberg 1998, Trombulak & Frissell 2000, Coffin 2007). Por outro lado, funcionam também como uma barreira ao fluxo genético em muitas populações animais (Trombulak & Frissell 2000).

As estradas são também um elemento bastante conspícuo na paisagem e qualquer animal é suscetível de sofrer colisões mortais ao tentar atravessá-las (Forman & Alexander 1998, Forman et al. 2003). O efeito dos atropelamentos pode ser reduzido em populações de espécies relativamente comuns, mas bastante considerável em espécies de grande porte como os ungulados, ou em grupos taxonómicos com populações ameaçadas (Bennett 1991). As colisões com grandes carnívoros, por exemplo, podem conduzir a um elevado impacto na viabilidade populacional, sobretudo devido aos elevados requisitos ecológicos deste grupo (Ferrerias et al. 1992, Crooks & Sanjayan 2006). Os atropelamentos são uma das principais causas de mortalidade nos grandes carnívoros (Rabanal 2011).

A falta de estudos ecológicos focados nos impactes das estradas continua a ser notória. Em Portugal, por exemplo, só muito recentemente se tem vindo a estudar os fatores que levam à presença de locais de agregação de mortalidade de vertebrados nas estradas (e.g. Ascensão & Mira 2006, Gomes et al. 2009, Grilo et al. 2009, Carvalho & Mira 2011), e ainda há muito por compreender.

São vários e distintos os fatores que podem influenciar o atropelamento de animais, podendo estes ser relativos às características da espécie, aos seus domínios vitais e tamanho das populações; às variáveis paisagísticas e à relação das mesmas com a fauna; e à própria infraestrutura viária e sua envolvência, que podem ser atrativos para os animais, sobretudo devido à presença de alimento (insetos, sementes, plantas e cadáveres de animais atropelados) (Rabanal 2011). Perceber e interpretar corretamente os fatores que influenciam os atropelamentos é um ponto de partida essencial na construção de modelos que os possam prever.

### **| os ungulados**

No caso particular dos ungulados, o estudo das colisões com veículos assume uma maior importância, devido sobretudo ao elevado tamanho corporal das espécies (Seiler 2004, Apollonio et al. 2010, Rabanal 2011), que põe em causa a segurança rodoviária dos condutores.

As colisões entre veículos e ungulados silvestres têm aumentando ao longo das últimas décadas, tanto nos EUA como na Europa (Apollonio et al. 2010). Apesar destes atropelamentos aparentemente contribuírem apenas com uma pequena percentagem da mortalidade anual da maioria das populações de ungulados, estes tornaram-se num sério problema de segurança rodoviária, de economia social e de conservação e gestão da natureza (Groot-Bruinderink & Hazebroek 1996, Schwabe & Schuhmann 2002, Apollonio et al. 2010). Em Espanha, por exemplo, os atropelamentos de ungulados tiveram um custo público de 500.000€ só no ano de 2009 (Marco et al. 2011). Desta maneira, cada vez mais se justificam esforços no sentido de compreender e mitigar estes sérios acontecimentos.

O estudo das colisões com ungulados generalizou-se nos anos 70, percebendo-se que a maior parte dos acidentes registados se relacionam com o período de cio e com a perturbação da caça, que impulsionam os animais a movimentos de maior amplitude (Rabanal 2011). Groot-Bruinderink & Hazebroek (1996) mostraram que as espécies de ungulados mais frequentemente envolvidas em acidentes rodoviários na Europa são sobretudo as mais comuns em áreas agrícolas e perto de zonas urbanas, como é o caso do corço e do javali. Segundo Malo et al. (2004), em Soria (Espanha), três espécies de

ungulados estão presentes em 98% dos atropelamentos, sendo o corço o animal com maior incidência (38%), seguido do javali (35%) e do veado (25%). O javali, devido ao seu considerável tamanho corporal e à sua elevada abundância populacional no nosso território, faz prever frequentes acidentes com um considerável impacto na segurança rodoviária.

Em Portugal existe uma notória falta de informação no que toca ao conhecimento das populações de ungulados, especialmente de javalis (Fonseca et al. 2001, Fonseca 2003), e dos fatores que promovem a ocorrência de acidentes rodoviários com este grupo.

#### | **javali** (*Sus scrofa* Linnaeus 1758)

O javali pertence à família Suidae integrada na ordem Artiodactyla. As 8 espécies que compõem o género *Sus* localizam-se principalmente na Ásia, apesar do javali euroasiático (*Sus scrofa*) apresentar uma distribuição histórica que inclui também a Europa e norte de África. Atualmente podem-se encontrar populações de javalis no continente americano, na Austrália, Nova Zelândia e em várias outras ilhas (Rosell et al. 2001). É sem dúvida o ungulado selvagem mais amplamente distribuído na Península Ibérica e, tanto a sua distribuição como a densidade populacional estão a aumentar consideravelmente (Sáez-Royuela & Tellería 1983, Spitz 1986, Rosell et al. 2001, Fonseca 2003, Acevedo et al. 2009).

Em Portugal, a espécie foi considerada extinta no final dos anos 60, principalmente devido à febre suína africana e ao excesso de caça (Bugalho et al. 1984) e em 1967 a sua caça foi interdita, pelo Decreto-lei nº 47/847, de 14 de Agosto. Mas o recente aumento dos seus efetivos populacionais (Fonseca 1997, Fonseca et al. 2004) permitiu a sua inclusão na lista de espécies cinegéticas (Fonseca et al. 2004), pelo Decreto-lei n.º 39/87 de 27 de Janeiro. Através dos registos das áreas de caça, verificamos que a espécie é caçada em todo o território nacional, com exceção dos municípios costeiros, onde a densidade humana é muito alta (Fonseca 2003, Lopes & Borges 2004). Atualmente é a espécie de caça grossa mais importante do país (Fonseca 1997, Fonseca 2003, Fonseca et al. 2004, Ferreira et al. 2009).

É uma espécie social, e à exceção de alguns indivíduos isolados vive em grupos matriarcais cujo elemento principal é uma fêmea adulta dominante (Rosell et al. 2001). A época de

acasalamento do javali, a sul do país, parece ocorrer durante todo o ano (Fonseca et al. 2004), contudo os períodos de nascimentos variam regionalmente, dependente da disponibilidade alimentar (Santos et al. 2006).

Como omnívoro oportunista, apresenta uma estratégia de dinâmica demográfica tipo *r*. Tem um elevado potencial reprodutor e a sua densidade local pode duplicar num ano (Massei & Genov 2004). Apesar da elevada taxa de mortalidade, a espécie apresenta uma notável capacidade para recuperar de crises populacionais e apresenta consideráveis crescimentos demográficos anuais (Rosell et al. 2001). Este facto, aliado ao abandono das zonas agrícolas (Sáez-Royela & Tellería 1986, Lopes & Borges 2004, Acevedo et al. 2006), às mudanças de tamanho das herdades e estruturas das culturas agrícolas e à reintrodução e reforço de algumas populações (Gortázar et al. 2000, Rosell et al. 2001, Lopes & Borges 2004), justifica a expansão exponencial das populações de javali em Portugal nas últimas décadas. Esta expansão permitiu comprovar que, na realidade, esta é uma espécie de hábitos oportunistas e generalistas, bastante ubiquista, capaz de colonizar qualquer tipo de ambiente (Spitz 1986, Boitaini et al. 1994, Rosell et al. 2001, Santos 2002, Massei & Genov 2004).

Vários estudos na Península Ibérica (e.g. Acevedo et al. 2006, Acevedo et al. 2009) mostraram que a percentagem de sub-bosques e mosaico de paisagem tem uma associação positiva com a abundância de javalis. Os sub-bosques são manchas atlânticas com grande disponibilidade de alimento e proteção para a espécie (Acevedo et al. 2009), já que o javali tem uma dieta omnívora muito adaptável à disponibilidade de recursos do habitat (Rosell et al. 2001, Santos 2002, Massei & Genov 2004, Fonseca 2006). No entanto a sua preferência vai para as florestas de folhosas, onde encontra alimento e água, com estratos arbustivos ricos e espessos, que proporcionam refúgio e coberto térmico (Fonseca 2003).

O tamanho e forma dos domínios vitais desta espécie parecem depender inteiramente da disponibilidade, abundância e distribuição dos alimentos, parecendo existir uma relação inversa entre a abundância alimentar e a dimensão dos domínios vitais (Mauget 1983, Santos et al. 2004). A diversidade de habitats utilizados também determina o tamanho do domínio vital do javali e conseqüentemente a densidade das populações (Mauget 1983). Sendo esta uma espécie com uma elevada plasticidade e adaptabilidade, faz ajustes

populacionais de acordo com o que o meio oferece (Mauget 1983, Rosell et al. 2001). Na Península Ibérica, apenas Santos et al. (2004), através de dados de telemetria, determinou os domínios vitais da espécie no Alentejo. Os resultados obtidos parecem estar de acordo com outros desenvolvidos na Europa (e.g. Janeau & Spitz 1984, Boitani et al. 1994, Massei et al. 1997b) que colocam os domínios vitais sazonais entre 1 e 4 Km<sup>2</sup>, variando bastante dependendo de inúmeros fatores intrínsecos ao indivíduo e ao meio (Santos 2002, Santos et al. 2004). A dispersão e os movimentos da espécie estão sobretudo associados à disponibilidade de alimento e à densidade populacional, sendo que a sua atividade parece aumentar quando o alimento diminui e a densidade populacional aumenta (Cargnelutti et al. 1992, Massei et al. 1997b).

A nível social, além da importância cinegética, o javali é sobretudo associado a elevados impactes nos campos agrícolas e é apontado como responsável por vários prejuízos económicos (Fonseca 2003). Apesar de alguns estudos mostrarem existir atualmente um equilíbrio transitório entre a expansão da espécie e a pressão cinegética (e.g. Massei et al. 1997a), os efetivos populacionais existentes ainda são suficientes para representarem uma ameaça às culturas (Rosell et al. 2001). Vários autores concordam que as populações de javali continuam a ter um forte impacto em muitas espécies de fauna e flora, na estrutura do habitat e na produção agrícola e pecuária (Bratton 1975, Lopes & Borges 2004, Santos 2002, Massei & Genov 2004). Santos (2002) sugere que em áreas agro-silva-pastoris a utilização do espaço pelo javali pode provocar estragos nas culturas com elevada expressão económica, no entanto, parece pouco provável que populações sedentarizadas em grandes maciços florestais causem prejuízos significativos nos campos agrícolas na periferia desses habitats.

Os hábitos crepusculares/noturnos do javali e a preferência por habitats florestados (Braza et al. 1984, Boitani et al. 1994, Santos 2002, Fonseca 2003) limitam em muito as observações desta espécie (Lancia et al. 1994, Rosell et al. 2001, Hebeisen et al. 2008), o que resulta numa notória falta de informação relativamente às suas populações no nosso país.

É no entanto uma das espécies de médio/grande porte mais frequentemente atropelada (Rabanal 2011). Em Portugal, segundo Lopes & Borges (2004), desde 1999 têm sido

reportados cada vez mais acidentes rodoviários com javalis, com graves impactes na segurança rodoviária. Este cenário justifica esforços no sentido de melhor gerir as populações da espécie no nosso território e empreender projetos de mitigação de colisões.

Apesar de serem cada vez mais os estudos feitos a nível governamental sobre o efeito ecológico das estradas a nível geral (Spellerberg 1998), ainda falta tentar perceber quais os fatores que afetam a mortalidade de várias espécies de vertebrados, como o javali. Este conhecimento permitiria uma gestão sustentável das redes viárias, reduzindo assim a percentagem de colisões perigosas com esta espécie e, conseqüentemente, aumentando a segurança rodoviária (Ramp et al. 2005, Seiler 2005, Conard & Gipson 2006). Tal só será possível determinando e descrevendo os locais de ocorrência de colisões (Clevenger et al. 2003, Ramp et al. 2006), percebendo a sua relação com os habitats e paisagens envolventes (Forman & Alexander 1998, Gomes et al. 2009).

## **| OBJETIVOS**

Este trabalho foi desenvolvido para averiguar quais os fatores que contribuem para um maior risco de atropelamentos de javalis no sul de Portugal e, deste modo, fornecer ferramentas que permitam mitigar as colisões entre javalis e veículos, contribuindo para o aumento da segurança rodoviária. Os objetivos específicos deste estudo são: a) descrever o padrão espacial de atropelamentos de javalis nas estradas do sul de Portugal; b) criar um mapa preditivo de risco de colisão; e por fim c) identificar quais as variáveis ambientais que mais contribuem para a ocorrência dos atropelamentos.

## | ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi levado a cabo nos distritos do sul de Portugal, nomeadamente em Portalegre, Évora, Beja, Setúbal e Faro, como representado na figura 1, e incidiu sobre a rede viária destas regiões. Os distritos de Portalegre, Évora e Beja pertencem à região do Alentejo; Setúbal pertence simultaneamente às regiões de Lisboa e Alentejo; e o distrito de Faro corresponde integralmente ao Algarve.

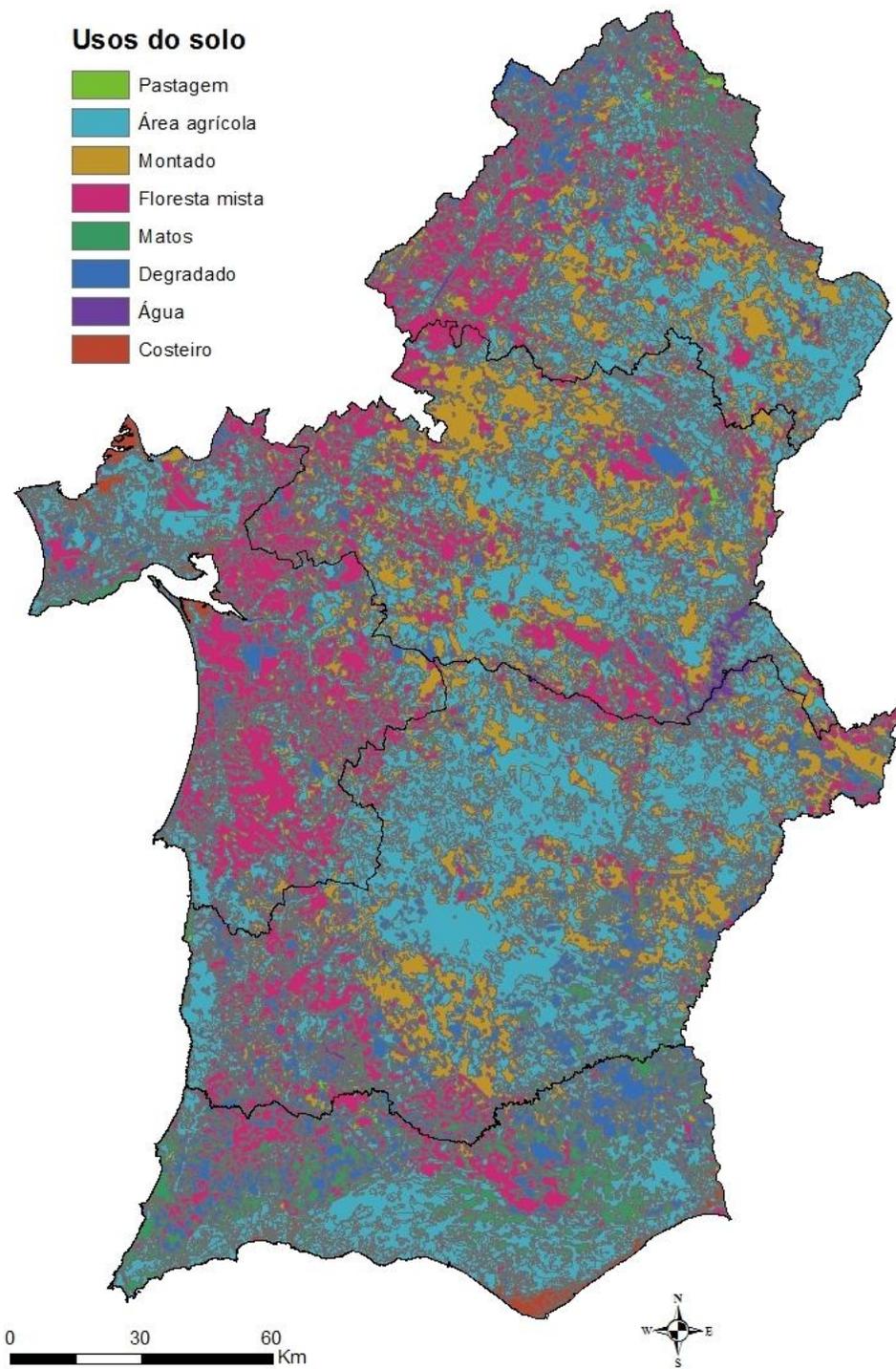


**Figura 1** | Área de estudo: Distritos do sul de Portugal e rede viária abrangida pelo projeto (fonte: IGEOE 2011).

A rede viária da área de estudo é composta por estradas do tipo Autoestradas (A); Itinerários Principais/ Complementares (IP/IC); Estradas Nacionais/Regionais (EN/ER) e Estradas Municipais (EM) (AICEP 2011).

Os distritos da área de estudo, situados a sul do Tejo, manifestam características tipicamente mediterrânicas, com algumas diferenças locais. O Alentejo apresenta um clima forte com características principalmente continentais e mediterrâneas. No geral possui um relevo suave, com intensos processos erosivos, mas também alguns acidentes orográficos. É caracterizado por uma estação de seca bastante marcada, invernos moderados a frescos e verões quentes a muito quentes. As temperaturas médias anuais variam entre 15.5-16°C. A pluviosidade média ronda os 600 e 700 mm. No distrito de Setúbal, o clima apresenta-se marítimo de transição, com uma temperatura média anual de 16°C e uma pluviosidade média anual entre os 500 e 600 mm. Na costa alentejana o clima apresenta-se com uma fachada atlântica, com amplitudes térmicas atenuadas. A temperatura média anual ronda os 16 e 17,5°C e a precipitação varia entre os 400 e 600 mm. No Algarve, por sua vez, o relevo é predominantemente suave, com elevações de reduzida expressão. A paisagem é tipicamente mediterrânea e o clima é marítimo. A temperatura média anual varia entre 16 e 17,5°C e a precipitação anual ronda os 400 a 500 mm (Cancela d'Abreu et al. 2004).

A maior parte da área de estudo é composta por áreas agrícolas ( $\approx 48\%$ ), que podem incluir culturas anuais associadas e culturas permanentes, sistemas culturais e parcelares complexos e agriculturas com espaços naturais. As florestas mistas (florestas de resinosas, folhosas e mistas) ocupam cerca de 16% da área de estudo, constituída também por 12% de Montados. As áreas degradadas (espaços florestais degradados, cortes e novas plantações e áreas ardidadas) ocupam 14% da área de estudo, apesar de não serem significativas ao longo da rede viária. Em percentagens inferiores ( $<5\%$ ) encontram-se os matos (matos e vegetação esclerofila), as massas de água (linhas de água, planos de água e pauis), as áreas costeiras (lagoas litorais, sapais, salinas, zonas interditaes, estuários, mar e oceano) e as pastagens (pastagens naturais) (figura 2).



**Figura 2** | Usos do solo presentes na área de estudo (fonte: Caetano et al. 2009).



## | ARTIGO CIENTÍFICO

# “Uso da distância de PenRose para identificar o risco de atropelamento de javalis (*Sus scrofa*) no sul de Portugal.”

Matilde E.<sup>1,2\*</sup>; Santos S.<sup>1,2</sup>; Mira A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Unidade de Biologia da Conservação. Departamento de Biologia. Universidade de Évora. Núcleo da Mitra. Apartado 94, 7002-554 Évora, Portugal. <sup>2</sup> CIBIO - Unidade de pesquisa em Biodiversidade e Recursos Genéticos. Universidade de Évora Portugal, Pólo da Mitra, 7002-554 Évora, Portugal.

\* Autor correspondente: Morada corrente: Departamento de Biologia, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, 7002-554 Évora, Portugal. E-mail: estrela23785@gmail.com.

## | PALAVRAS-CHAVE

Javali | *Sus scrofa* | Estradas | Mapa preditivo | Risco de atropelamento | Distância de PenRose.

### 1. Resumo

Cada vez mais o impacto das estradas tem recebido atenção nos estudos ecológicos de várias espécies. Não só pelos efeitos que as próprias vias têm na paisagem e na biodiversidade em geral, mas também pela consequência dos atropelamentos de fauna nas populações animais e na segurança rodoviária. Desenvolver modelos que possam prever os locais potencialmente suscetíveis de acidentes, onde se possam implementar medidas de mitigação para melhorar, não só a sobrevivência das espécies mas principalmente a segurança rodoviária, é o principal objetivo deste trabalho.

A partir de 221 registos de acidentes rodoviários com javalis (*Sus scrofa*) recolhidos nos últimos 12 anos no sul de Portugal, foi possível construir um modelo preditivo de risco de atropelamento com base na distância de PenRose.

As variáveis mais importantes na construção do modelo foram a presença de vias rápidas e o incremento das áreas de matos na envolvimento das rodovias, que diminuem o risco de atropelamento; e a existência de áreas agrícolas abertas onde esse risco é aumentado. De um modo geral, as Estradas Nacionais/Regionais e Estradas Municipais são aquelas onde existe um risco mais elevado de atropelamento de javalis, e por tal com um maior peso na decisão da implementação de medidas de mitigação. Também foi claro o maior risco associado aos distritos de Évora, Beja e Portalegre, relacionado de um modo geral à paisagem agrícola onde se integram boas áreas de alimentação para a espécie.

## **2. Introdução**

Apesar da crescente consciência dos impactos negativos das redes viárias, estas aumentaram gradualmente no último século por todo o mundo (Forman et al. 2003). O impacto que causam não é apenas direto (ex. risco de colisão, destruição dos ecossistemas), mas também indireto, funcionando como barreiras ecológicas para várias espécies (Anderson 2002, Angold 2002). Todos estes impactos podem influenciar a longo termo, a viabilidade das populações que vivem em ambientes dominados por estradas, diminuindo assim a biodiversidade nestas áreas (Benitez-Lopez et al. 2010).

Uma das principais consequências do aumento da rede viária é o aumento dos atropelamentos, contribuindo para uma maior insegurança rodoviária e para o incremento das taxas de mortalidade de um número elevado de espécies (Groot-bruinderink & Hazebroek 1996). Acredita-se que, para algumas espécies, o número de animais mortos nas rodovias seja superior àqueles mortos em atividades cinegéticas, tornando as estradas no fator humano que mais contribui para a mortalidade de vertebrados (Forman & Alexander 1998). Estes atropelamentos acabam por ter um efeito mais preocupante quando se trata de espécies com populações ameaçadas, incluindo espécies bandeira, e em espécies de grande porte (Bennett 1991, Forman et al. 2003) como os ungulados, cujo impacto recai sobretudo nos condutores.

Durante as últimas décadas, os ungulados sofreram uma importante expansão e um considerável incremento demográfico por toda Europa, passando da ocorrência em áreas

marginais a ocupar grande parte dos territórios (Apollonio et al. 2010). Vários estudos (e.g. Malo et al. 2004, Seiler 2005) sugerem que os ungulados utilizam frequentemente as estradas como vias de circulação, o que aumenta consideravelmente o risco de colisão com espécies deste grupo. Mas apesar dos atropelamentos não aparentarem ter um papel considerável nas taxas de mortalidades anuais destas populações (Focardi et al. 1996), estes representam um considerável risco para a segurança dos condutores.

Estima-se que na Europa, anualmente, ocorram cerca de 507.000 colisões entre veículos e ungulados, de onde resultam 300 pessoas mortas e 30.000 pessoas feridas, com a perda de aproximadamente mil milhões de dólares em danos materiais (Groot-bruinderink & Hazebroek 1996, Apollonio et al. 2010). Este cenário torna urgente o desenvolvimento de medidas de mitigação no sentido de os evitar.

Com o conhecimento científico da distribuição e abundância das populações, das características dos habitats, condicionantes da estrada e do tráfego, é possível prever o risco de colisão entre veículos e ungulados, determinando assim a localização das medidas de mitigação a implementar (Seiler 2004). No entanto, os estudos sobre a ecologia das populações de ungulados nos ecossistemas mediterrânicos e as informações detalhadas sobre a abundância e movimentos deste grupo são ainda escassos (Focardi et al. 1996).

O javali (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758), sendo um dos ungulados frequentemente atropelado (Groot-bruinderink & Hazebroek 1996), apresenta um tamanho corporal e densidades populacionais suficientes para inferir um considerável impacto nos acidentes rodoviários.

De hábitos oportunistas e generalistas, apresenta uma elevada ubiquidade, podendo ocupar uma série de habitats diferentes, alimentando-se do que o meio oferece (Spitz 1986, Boitaini et al. 1994, Rosell et al. 2001, Santos 2002, Massei & Genov 2004). A densidade populacional desta espécie varia então de acordo com a disponibilidade de recursos, estando atualmente em expansão no nosso território (Fonseca 1997, Fonseca et al. 2004).

Dada a elevada plasticidade ecológica da espécie e a sua forte capacidade adaptativa, existem inúmeros fatores que poderão contribuir para a mortalidade desta espécie nas estradas (Rabanal 2011). Assim, perceber quais as variáveis que mais influenciam os atropelamentos de javalis pode ser um desafio, não só por se tratar de uma espécie

generalista, podendo ocorrer em muitos habitats distintos, mas também devido ao facto do registo de colisões ser heterogéneo e se encontrar muito disperso.

A elaboração de projetos técnicos normalmente não dispõe de tempo e verbas suficientes para realizar estudos de campo dos padrões de movimento das espécies mais relevantes nas várias áreas, afetadas pelas diferentes rodovias. É por isso necessário usar métodos baseados em técnicas de extrapolação que sejam eficazes, rápidos e baratos (Rabanal 2011), tais como os modelos preditivos de colisões.

Estes modelos têm sido desenvolvidos maioritariamente com base em registos de atropelamentos, necessitando da identificação precisa dos locais de ausência de colisões (Clevenger et al. 2002, Malo et al. 2004, Ramp et al. 2005, Seiler 2005). No entanto, a identificação dos locais reais onde não ocorreram colisões (Malo et al. 2004, Ramp et al. 2005, Seiler 2005), nem sempre é passível de adquirir.

Kolowski & Nielsen (2008) desenvolveram um modelo para identificar o risco potencial de atropelamento de lince pardo (*Lynx rufus*) em 2054 km<sup>2</sup> de estradas a sul de Illinois (USA), utilizando a distância de PenRose. Esta estatística, à semelhança da distância de Mahalanobis, permite determinar troços de estrada que reúnam características parecidas àquelas existentes nos troços onde ocorreram colisões (Penrose 1952), baseando-se apenas nos registos das presenças de colisões. Este constitui um método rápido e eficaz de obter um mapa preditivo do risco de atropelamento, associado a determinados troços de estrada.

O principal objetivo do nosso estudo é criar um modelo preditivo de atropelamentos de javali no sul de Portugal, através da construção de um mapa de risco em toda a rede viária da região, tendo como base registos de colisões com a espécie. Simultaneamente pretende-se identificar quais as variáveis ambientais que mais contribuem para um maior risco de colisão, e perceber onde é mais urgente atuar e implementar medidas de mitigação.

### **3. Métodos**

#### **3.1 Área de Estudo**

A área de estudo corresponde a todo o sul de Portugal, mais especificamente a toda a rede viária asfaltada dos distritos de Portalegre, Évora, Beja, Setúbal e Faro.

Nestas zonas, o clima é Mediterrânico com verões secos e quentes, primaveras e outonos amenos e invernos relativamente suaves (12°C a 17,5°C de temperatura média anual, dependendo do distrito), com baixas precipitações (até 800 mm anuais), embora as temperaturas e condições climáticas sejam marcadas por diferenças locais. O relevo é globalmente suave, sendo a paisagem caracterizada por alguns acidentes orográficos, principalmente no Alto Alentejo (distrito de Portalegre) e no Algarve mais interior (distrito de Faro), e por vastas planícies cultivadas com espécies predominantemente mediterrânicas (Cancela d'Abreu et al. 2004).

No Alentejo o uso do solo dominante é o sistema agro-silvo-pastoril, atualmente quase só silvo-pastoral, designado montado. Um sistema adaptado à região e às capacidades e restrições ambientais (Pinto-Correia & Vos 2004), caracterizado pela dispersão individual de grupos de árvores (sobreiros em zonas com influência mais oceânica e azinheiras em zonas mais secas), associado sobretudo ao pastoreio e ao cultivo de sementeiras (Pinto-Correia 1993). No extremo Sul da área de estudo, as paisagens tradicionais do Algarve são conhecidas a partir dos seus mosaicos em pequena escala de culturas permanentes arbóreas e culturas anuais secas e irrigadas (Pinto-Correia & Vos 2004).

A área de estudo é composta por Autoestradas (AE), Itinerários Principais (IP), Itinerários Complementares (IC), Estradas Nacionais (EN), Estradas Regionais (ER) e Estradas Municipais (EM) (AICEP 2011) e abrange cerca de 9.200.000 km de vias: 610 km de Autoestradas; 620 Km de Itinerário Principal/ Complementar; 4.200 Km de Estradas Nacionais/Regionais e 3.800 Km de Estradas Municipais. As estradas nacionais e Regionais foram analisadas conjuntamente por terem características físicas semelhantes, já que as Regionais surgiram no Plano Rodoviário Nacional 2000 a partir das Nacionais.

### **3.2 Recolha e tratamento dos registos de colisões com javali**

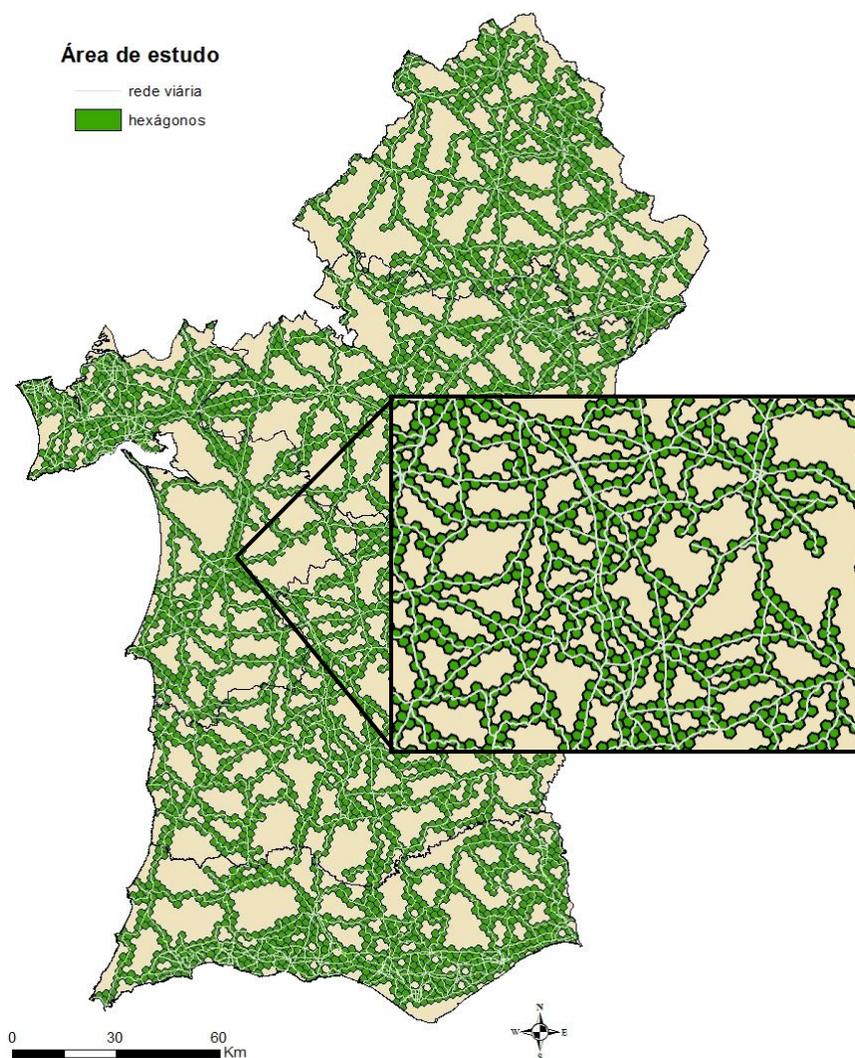
Como não existe um sistema centralizado que recolha ocorrências de acidentes rodoviários causados por fauna, foram contactados os destacamentos da Guarda Nacional Republicana (GNR) no sentido da cedência dos registos de atropelamentos com javalis no sul de Portugal. Apenas a GNR de Setúbal não forneceu os dados requeridos em tempo útil de executar o presente projeto. O distrito de Setúbal foi considerado na análise, sobretudo pela presença de dados recolhidos por outros destacamentos neste mesmo distrito. Foram ainda utilizados dados registados no âmbito do projeto MOVE (Universidade de Évora).

Foram recolhidos registos de atropelamentos de javalis nos últimos 12 anos (2000-2011), através dos Comandos Territoriais (CT) da GNR dos diferentes distritos do sul do país, e estes são o resultado de dados reportados aos agentes aquando um condutor sinistrado denuncia a colisão fornecendo normalmente a seguinte informação: data do acidente (dia/mês/ano), hora, identificação da estrada, identificação do km, estragos pessoais e materiais, morte ou ferimento do animal, idade e sexo do animal.

É importante referir que os diferentes departamentos dos CT recolhem e registam as ocorrências de diferentes maneiras e com diferentes dados, dificultando assim a uniformização dos registos para os vários anos de estudo e para os vários destacamentos. Deste modo, dados que não contivessem as informações consideradas indispensáveis (data, identificação da estrada e do Km da colisão), bem como registos que não se enquadrassem na informação geográfica da rede viária e nas cartas militares utilizadas, não foram considerados. Os dados considerados válidos foram inseridos num Sistema de Informação Geográfica (SIG). Estes registos foram inseridos manualmente num ficheiro vetorial de pontos de modo a atribuir a cada registo de atropelamento de javali uma coordenada geográfica precisa (máx. 0.5 km de erro) e as informações adicionais referentes a cada registo.

### 3.3 Recolha e tratamento das variáveis ambientais

Foi previamente criada uma rede de hexágonos não sobrepostos ( $n = 4221$ ) de 4 km<sup>2</sup> de área (figura 3), valor aproximado do domínio vital sazonal do javali (Spitz & Janeau 1990, Boitani et al. 1994, Santos 2002). Esta rede foi centrada nas estradas, e cada hexágono foi caracterizado para cada uma das variáveis explicativas (Kolowski & Nielsen 2008). Para a criação desta rede utilizou-se a ferramenta *Repeating Shapes for ArcGIS*, disponível em <http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=14695> (Jenness 2005), que permite gerar uma matriz de formas repetidas sobre uma área definida. Escolheu-se o formato de hexágonos (e.g. Kolowski & Nielsen 2008) de forma a conseguir-se uma diminuição do efeito de orla.



**Figura 3** | Rede de hexágonos ao longo da rede viária da área de estudo.

Para a construção do modelo preditivo foram considerados vários tipos de variáveis explicativas incluindo: variáveis topográficas (altitude, declive e rugosidade), climáticas (temperatura média anual e precipitação total anual), orográficas (rios), abundância de javali (índice de caça), usos do solo e rede viária.

A altitude (**Alti**) foi obtida a partir de um modelo digital do terreno, extraído da fonte ASTER Global Digital Elevation Map Announcement (NASA 2011). O declive (**Dcl**) e a rugosidade (**Rug**) foram calculados a partir do modelo digital do terreno disponibilizados gratuitamente na internet pela empresa Faunalia (<http://www.faunalia.pt/download>). As variáveis precipitação (**Prec**), temperatura (**Temp**) e o perímetro dos rios (**Rios**) foram extraídas do Atlas do Ambiente Digital (APA 2011). O perímetro de rede viária (**Estradas**) foi obtido do Instituto Geográfico Português através do serviço WFS (Web Feature Service) que disponibiliza gratuitamente informação geográfica digital.

A variável Estradas foi posteriormente dividida em 4 classes consoante a sua tipologia: Autoestrada (**Estradas\_A**); Itinerário Principal /Complementar (**Estradas\_IP/IC**); Estrada Nacional / Regional (**Estradas\_EN/ER**) e Estrada Municipal (**Estradas\_EM**). Da primeira para a última categoria ocorre em geral uma diminuição da largura da faixa asfaltada e uma diminuição do tráfego, embora ocorram exceções.

A informação geográfica referente aos usos do solo foi extraída da Cartografia CORINE Land Cover 2006 para Portugal Continental em formato digital (Caetano et al. 2009). Primeiramente, as 44 classes do uso do solo foram agrupadas em 13 novas classes de acordo com a representatividade na área de estudo e importância para a espécie: zonas urbanas (Tecido urbano descontínuo, indústria, comércio, redes viárias e ferroviárias, zonas portuárias, aeroportos, áreas de extração mineira, áreas de deposição de resíduos, áreas em construção e espaços verdes urbanos) - **Urba**; área agrícola aberta (culturas anuais de sequeiro, culturas anuais de regadio e arrozais) - **Agri ab**; vinhas - **Vinhas**; olival/pomar - **Oliv/pom**; pastagem - **Pastag**; área agrícola (culturas anuais associadas às culturas permanentes, sistemas culturais e parcelares complexos e agriculturas com espaços naturais) - **Agri**; montados (Sistemas agroflorestais) - **Mont**; florestas mistas (florestas mistas, florestas de folhosas e florestas de resinosas) - **Flor mist**; matos (matos e vegetação esclerofítica) - **Matos**; degradado (espaços florestais degradados,

cortes e novas plantações, áreas ardidas) - **Degra**; matos abertos (vegetação esparsa) - **Matos ab**; albufeira/água (linhas de água, pauis e planos de água) - **Água**; costeiro (praias, dunas, areais, rocha nua, sapais, salinas, zonas interditas, lagunas litorais, estuários, mar e oceano) - **Cost**).

Na Península Ibérica, os dados sobre a abundância das populações de javalis são muitas vezes inferidos a partir de dados dos animais caçados nas montarias (Fernández-Llario et al. 2003, Braga et al. 2010). Assim, e de modo a obter um valor aproximado das estimativas populacionais do sul do país, foram recolhidas, com a colaboração da Direção Regional de Florestas (DRF), informações anuais sobre os resultados das montarias nas várias áreas de caça da região, para o período 2004-2010. A informação registada permitiu uma estimativa do número de javalis caçados por ano e para cada área de caça (**Caça**: nº animais abatidos / anos de caça / 100 ha - figura A1 em anexo). Para tornar esta informação disponível para todos os hexágonos da área de estudo, foi realizada uma interpolação espacial (figura A2 em anexo) baseada nos centróides das áreas de caça para as quais foi calculado o valor **Caça**. O método de interpolação utilizado foi a distância inversa ponderada (IDW; Inverse Distance Weighted). Este método é uma ferramenta de análise espacial que assume que o ponto da amostra tem uma influência local que diminui com a distância, admitindo assim que os pontos mais próximos do valor central têm uma influência mais forte (Childs 2004).

Para as variáveis em formato raster (altitude, declive e rugosidade) e vetoriais de polígonos (precipitação e temperatura), foram obtidos os valores médios para cada hexágono. Para as variáveis vetoriais de linhas (rios e estradas), foi calculado o comprimento das linhas no interior de cada hexágono.

Foram extraídas, para cada hexágono, as percentagens de cobertura de cada uma das 13 classes de uso do solo anteriormente descritas. Foram excluídas as classes “degradado”, “matos abertos” e “costeiro” por estarem pouco representadas no conjunto dos hexágonos.

Por fim, foi extraído para cada hexágono um valor médio do índice de animais caçados, que se usou como um indicador da abundância, apesar de reconhecermos que outros fatores (e.g. esforço de caça), para os quais não havia informação disponível, podem influenciar o número de animais caçados.

No final, cada um dos 4221 hexágonos da rede viária do sul do país, ficou caracterizado para cada uma das 22 variáveis ambientais descritas na tabela 1.

**Tabela 1** | Variáveis ambientais usadas na caracterização dos sectores de estrada associados aos hexágonos. Valores médios, mínimos e máximos.

Variável	Definição	Média	Mínimo-Máximo
Decl	Declive médio do terreno dentro de cada hexágono (°)	4,03	0,36 - 22,86
Rug	Rugosidade média do terreno dentro de cada hexágonos (m)	5,69	0,83 - 36,52
Alti	Altitude média do terreno dentro de cada hexágono (m)	181,57	1,00 - 858,00
Temp	Temperatura média anual dentro de cada hexágono (°C)	16,85	3,60 - 20,00
Prec	Precipitação total anual dentro de cada hexágono (mm)	676,35	102,00 - 1400,00
Rios	Comprimento dos cursos de água dentro de cada hexágono (m)	1789,74	0,00 - 10145,00
Estradas	Comprimento das estradas dentro de cada hexágono (m)	2209,05	2,00 - 11273,00
Estradas_A	Comprimento das Autoestradas dentro de cada hexágono (m)	145,40	0,00 - 3974,00
Estradas_IP/IC	Comprimento dos IP e IC dentro de cada hexágono (m)	148,87	0,00 - 3992,00
Estradas_EM	Comprimento das Estradas Municipais dentro de cada hexágono (m)	908,17	0,00 - 6693,00
Estradas_ENR	Comprimento das Estradas Nacionais e Regionais dentro de cada hexágono (m)	1006,60	0,00 - 6693,00
Agri	Percentagem de Áreas agrícolas dentro de cada hexágono (%)	15,68	0,00 - 100,00
Mont	Percentagem de Montados dentro de cada hexágono (%)	14,39	0,00 - 100,00
Flor mist	Percentagem de Florestas mistas dentro de cada hexágono (%)	17,86	0,00 - 100,00
Matos	Percentagem de Matos dentro de cada hexágono (%)	3,82	0,00 - 99,77
Água	Percentagem de Albufeiras/pontos de água dentro de cada hexágono (%)	0,64	0,00 - 68,22
Urba	Percentagem de Zonas urbanas dentro de cada hexágono (%)	3,88	0,00 - 100,00
Agri ab	Percentagem de Áreas agrícolas abertas dentro de cada hexágono (%)	24,87	0,00 - 100,00
Vinhas	Percentagem de Vinhas dentro de cada hexágono (%)	1,38	0,00 - 100,00
Oliv/pom	Percentagem de Olival/pomar dentro de cada hexágono (%)	6,90	0,00 - 100,00
Pastag	Percentagem de Pastagem dentro de cada hexágono (%)	0,81	0,00 - 82,67
Caça	Nº animais abatidos / anos de caça / 100 ha	1,14	0,30 - 4,14

### 3.4 Análise dos Dados

#### | distância de PenRose

A maioria dos modelos convencionais da previsão de atropelamentos necessita de uma identificação dos locais reais onde não ocorreram colisões (Malo et al. 2004, Ramp et al. 2005, Seiler 2005), ou então são baseados em dados intensivos de telemetria (Clevenger et al. 2002).

Dada a dificuldade de conseguir reais ausências de atropelamentos e dados intensivos de telemetria, utilizou-se a distância PenRose em detrimento de outros modelos mais

convencionais (e.g., GLMs). Esta estatística, bastante semelhante à distância de Mahalonobis, mostra-se bastante promissora no que toca à modelação do risco de atropelamento e apresenta uma série de vantagens. Permite sobretudo a construção de um modelo preditivo a partir de dados de presença, sem necessitar de dados reais de ausência, não implicando por isso custos financeiros e gastos temporais intensivos na identificação de troços de estradas com ausências de colisões (Kolowski & Nielsen 2008).

No presente trabalho, os locais com ausência de registos de atropelamento de javali não poderão ser assumidos como reais ausências, mas sim uma mistura de ausências e locais de atropelamento ou quase atropelamento (sem danos no animal e veículos) não comunicados às autoridades.

Como a distância de PenRose não lida bem com a colinearidade, foram primeiro efetuadas correlações de Spearman ( $r_s$ ) (Webster & Oliver 2007) entre as variáveis ambientais extraídas, de modo a verificar-se o grau de colinearidade (Saveliev et al. 2007, Dytham 1999), isto é, a existência de uma interdependência elevada entre duas ou mais variáveis. Sempre que um par de variáveis apresentasse  $|r_s| > 0,50$  eliminou-se a variável com menor significado biológico.

Procedeu-se depois ao cálculo dos valores da distância de PenRose para cada um dos hexágonos, segundo a seguinte fórmula (Manly 1994 *in* McDonald 2006, Kolowski & Nielsen 2008):

$$P_i = \sum_{\kappa=1}^p ((x_{\kappa i} - \mu_{\kappa i})^2) / (pV_{\kappa})$$

Onde:  $p$  representa o número de variáveis ambientais consideradas para análise;  $x_{\kappa i}$  é o valor da variável  $\kappa$  no hexágono  $i$ ;  $\mu_{\kappa i}$  é a média do valor da variável  $\kappa$  nos hexágonos com atropelamentos; e  $V_{\kappa}$  é a variância da variável  $\kappa$  nos hexágonos (Manly 1994 *in* McDonald 2006, Kolowski & Nielsen 2008).

Obteve-se para cada hexágono um valor da distância de PenRose. Quanto mais próximo de zero o valor da estatística, maiores as semelhanças entre as variáveis ambientais desse

hexágono e dos hexágonos com ocorrência de atropelamentos (Adams 2009), isto é, maior o risco de atropelamento de javalis.

### | mapa de risco

Através dos valores da distância de PenRose foi possível extrair o mapa de risco de atropelamento de javalis no sul de Portugal. De modo a identificar as diferentes classes de risco, os valores da distância de PenRose foram agrupados com base nos quartis. A utilização dos quartis como método para definir classes de valores com base na distribuição dos dados está bastante generalizada, pois ao contrário da variância e do desvio padrão, os valores dos quartis não dependem dos valores aritméticos da média ou mediana (Gotelli & Ellison 2004). Quando as distribuições são assimétricas ou contêm valores extremos não característicos da distribuição da amostra (*outliers*), os resultados dos quartis podem descrever a distribuição dos dados mais assertivamente que outras medidas (Gotelli & Ellison 2004). Este tipo de procedimento torna-se necessário porque, ao contrário de uma regressão logística em que o *output* varia entre 0 e 1, os valores da distância de PenRose variam entre 0 e um qualquer valor positivo, dificultando a definição de um valor-corte entre uma classe de alto e baixo risco.

Posteriormente ao mapa final, e de modo a determinar a importância relativa de cada variável ambiental no risco de atropelamento, foram efetuadas correlações de Spearman ( $r_s$ ) entre os valores da distância de PenRose e cada uma das variáveis ambientais (Adams 2009). Foram consideradas as variáveis mais importantes para o modelo, isto é, aquelas que mais contribuem para a identificação do risco de atropelamento ao longo da rede viária, aquelas cuja correlação apresentasse valores significativos ( $P < 0.05$ ).

Todos os dados recolhidos foram organizados em Microsoft Excel 2007. A análise dos dados em SIG foram efetuadas no QuantumGis 1.8.0 Lisboa (Quantum GIS Development Team 2011) e no ArcGIS 10 (ESRI 2011). O sistema de projeção utilizado foi o Gauss do Datum Geodésico Hayford de Lisboa Militar. Foi utilizado o programa R 2.4.1 (R Development Core Team 2011) para realizar as análises estatísticas.

#### 4. Resultados

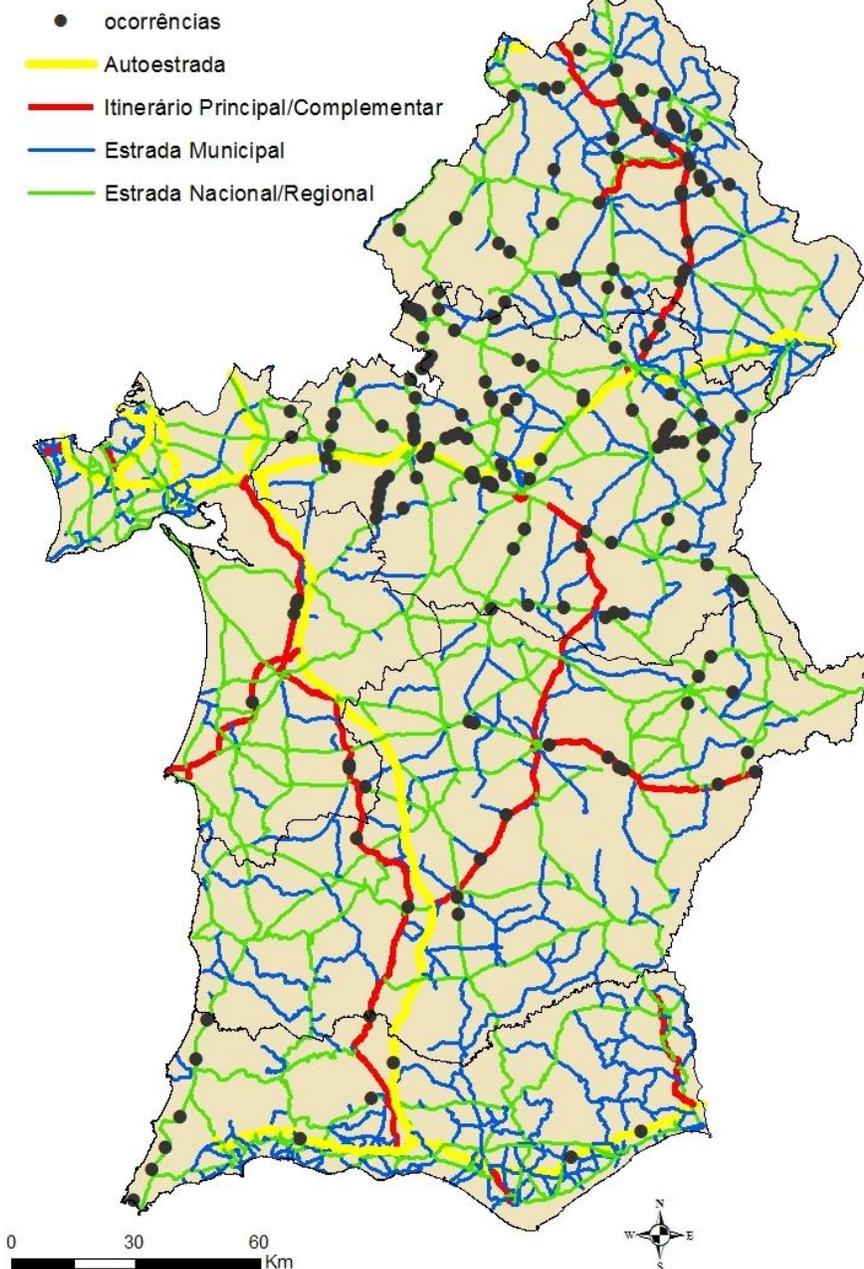
De todos os registos fornecidos pela GNR nos vários distritos da área de estudo, foi possível extrair 221 dados geo-referenciados de atropelamentos de javali, passíveis de serem utilizados (tabela 2, figura 4).

Como se observa na tabela 2 e na figura 4, existe uma grande discrepância de registos recolhidos nos vários distritos, sendo claramente Évora o distrito que registou um maior número de atropelamentos de javali, a grande maioria em Estradas Nacionais/Regionais (EN/ER). Portalegre é o segundo distrito com maior número de registos, maioritariamente entre Estradas Nacionais/Regionais e Itinerários Principais/Complementares (IP/IC), não apresentando qualquer registo em Autoestradas (A). Beja apresenta um cenário semelhante, por sua vez, não apresentando nenhum registo em Estradas Municipais (EM). Com exceção de Setúbal, Faro é o distrito com menos registos de atropelamentos recolhidos, talvez devido a uma falha burocrática entre os vários destacamentos na recolha de informação, ou a um menor número de acidentes reportados, ou ainda, a uma real baixa ocorrência de atropelamentos. Apesar de Setúbal apresentar menos registos que Faro, este número não corresponde aos valores registados pelos agentes deste distrito, mas sim a recolhas efetuadas pelo destacamento de Beja.

**Tabela 2** | Ocorrências de atropelamentos de javalis recolhidos pelos vários destacamentos de trânsito da GNR no sul de Portugal, em cada tipologia de estrada (A - Autoestrada, IP/IC - Itinerário Principal/Complementar, EN/ER - Estrada Nacional/Regional e EM - Estrada Municipal).

	A	IP/IC	EN/ER	EM	total
<b>Portalegre</b>	0	15	41	3	59
<b>Évora</b>	3	5	105	8	121
<b>Beja</b>	1	5	19	0	25
<b>Setúbal</b>	0	3	3	0	6
<b>Faro</b>	3	0	7	0	10
<b>total</b>	7	28	175	11	<b>221</b>

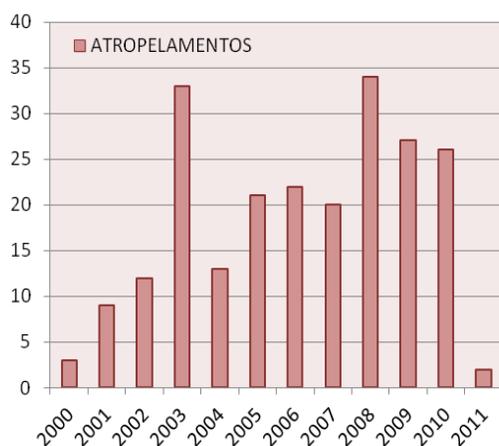
## Atropelamentos



**Figura 4** | Localização dos 221 atropelamentos de javali recolhidos pela GNR no sul de Portugal.

Os dados dos vários destacamentos de trânsito da GNR foram obtidos ao longo dos vários anos de recolha, permitindo desta maneira uma observação da distribuição dos registos de atropelamentos de javali por ano (figura 5).

Podemos observar que o número de registos foi aumentando gradualmente ao longo dos anos, com valores máximos em 2003 e 2008. O ano 2011 apresenta-se claramente como o ano de menos registos, mas este facto deve-se sobretudo a questões burocráticas que possam não ter permitido a informatização de todas as ocorrências.



**Figura 5** | Distribuição dos registos de atropelamentos para os vários distritos ao longo do estudo.

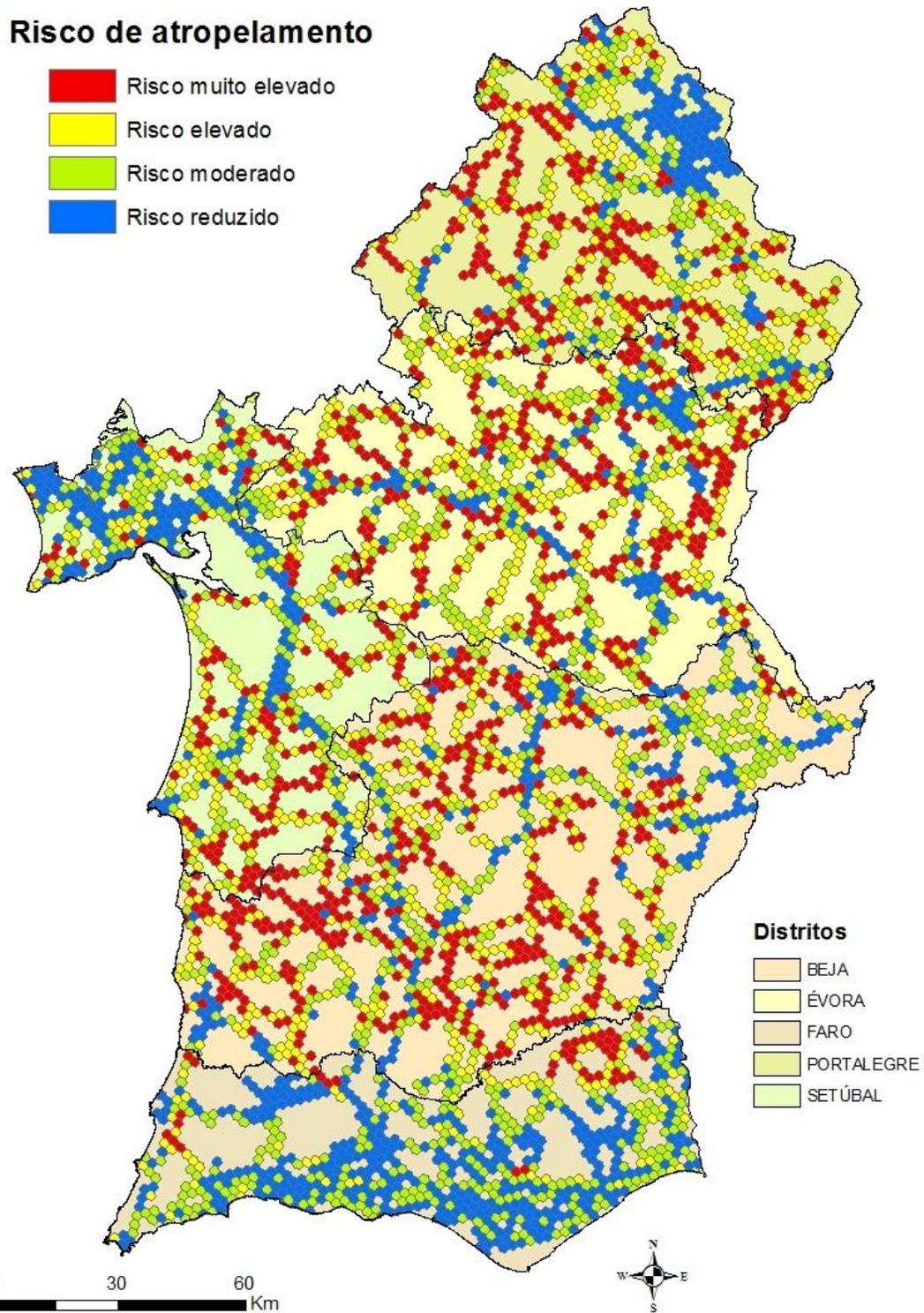
### | construção do modelo

Os resultados da correlação de Spearman ( $r_s$ ) entre as várias variáveis ambientais encontram-se em anexo (tabela A1). Apenas o declive e a rugosidade apresentaram uma correlação elevada ( $r_s \approx 1,00$ ), o que significa que ambas as variáveis fornecem informação muito semelhante. Optou-se por eliminar a rugosidade uma vez que tem uma interpretação mais complexa. Os restantes pares de variáveis apresentaram correlações inferiores a 0,47.

Os valores calculados da distância de PenRose variaram entre 0,16 e 13,72, com uma média de 0,99 para a totalidade da área de estudo. Os mesmos valores para os troços de estrada com registo de atropelamento variaram entre 0,20 e 8,71, com uma média de 0,82.

### | mapa de risco

Na figura 6 apresenta-se o mapa de risco de atropelamento de javalis para o sul de Portugal.



**Figura 6** | Mapa de risco de atropelamento de javalis no sul do país com base nos valores da distância de PenRose. Risco muito elevado: vermelho; Risco elevado: amarelo; Risco moderado: verde; Risco reduzido: azul.

As zonas a vermelho (distância de PenRose entre 0,16 e 0,48) indicam um risco muito elevado de atropelamento, as zonas a amarelo (valores entre 0,49 e 0,72) indicam um risco elevado, as zonas a verde (valores entre 0,73 e 1,18) indicam um risco moderado e as zonas a azul (valores entre 1,19 e 13,72) indicam um risco reduzido.

Na análise da figura 6 e da tabela 3, é possível observar que os troços com um risco muito elevado e risco elevado de atropelamento parecem distribuir-se predominantemente no Alentejo. O distrito de Setúbal e Faro são os que apresentam mais troços de risco reduzido de atropelamentos, tal como a zona nordeste do distrito de Portalegre (figura 6).

**Tabela 3** | Percentagem de cada uma das classes de risco de atropelamento por distrito, e número de troços de estrada analisados. Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72.

TROÇOS	Portalegre	%	Évora	%	Beja	%	Setúbal	%	Faro	%
Risco muito elevado (0,16-0,48)	238	29,79	301	33,11	396	32,70	147	21,00	41	5,47
Risco elevado (0,49-0,72)	233	29,16	268	29,48	321	26,51	212	30,29	78	10,41
Risco moderado (0,73-1,18)	162	20,28	209	22,99	302	24,94	142	20,29	254	33,91
Risco reduzido (1,19-13,72)	166	20,78	131	14,41	192	15,85	199	28,43	376	50,20
TOTAL	799	100,00	909	100,00	1211	100,00	700	100,00	749	100,00

Portalegre é o distrito que apresenta uma maior equitabilidade em relação ao risco dos troços, apresentando pouca variação nas várias classes estando, no entanto, as classes de maior risco ligeiramente mais representadas. Évora, além de apresentar a maior percentagem de troços com um maior risco, é também o distrito com menor percentagem de troços com risco reduzido, tornando-se assim no distrito com maior risco de atropelamento de javalis. Beja apresenta um padrão semelhante a Évora, com alguma diferença numa maior percentagem de troços com risco reduzido e menor percentagem com risco muito elevado, apesar das diferenças não serem muito representativas, acaba por ser um distrito com menor risco associado que Évora. Em Setúbal as classes de risco médio são as mais representadas, sendo assim um distrito com algum risco associado. Contrariamente, Faro é sem dúvida o distrito com menor risco, apresentando apenas 5,47% dos troços com

risco muito elevado, sendo também o que apresenta uma clara dominância no que toca à percentagem de troços com um risco reduzido. Podemos ordenar e agrupar os vários distritos por risco global de colisão, sendo **Évora** o distrito com maior risco, seguido de **Beja**, com **Portalegre** e **Setúbal** com um risco global moderado de atropelamentos e **Faro** com o risco mais reduzido.

#### | importância das variáveis

As variáveis encontram-se ordenadas na tabela 5, por importância na construção do modelo, através da correlação com a distância de PenRose.

**Tabela 4** | Ordenação das variáveis por importância no modelo. Média e Desvio padrão (DP) das variáveis na totalidade da área de estudo (AE) e nos hexágonos com atropelamento (atrop). Valores da Correlação de Spearman ( $r_s$ ) entre as variáveis ambientais e o valor final da estatística da distância de PenRose. Valor de significância de cada correlação (P).

variável	Média (AE)	DP (AE)	Média (atrop)	DP (atrop)	$r_s$	P
Estradas_IP/IC	148,87	520,82	381,60	794,48	0,43	0,0000
Estradas_A	145,40	516,71	140,27	501,42	0,31	0,0000
Agri_ab	24,87	29,49	25,81	28,30	-0,30	0,0000
Matos	3,82	13,14	1,62	5,93	0,28	0,0002
Estradas_ENR	1006,60	1135,00	1549,87	1085,22	-0,20	0,0075
Estradas	2209,05	1233,06	2443,38	1045,12	0,19	0,0133
Pastag	0,81	5,70	1,02	5,94	0,15	0,0420
Mont	14,39	24,33	26,54	29,90	-0,14	0,0672
Flor mist	17,86	25,32	17,07	23,33	-0,12	0,1051
Agri	15,68	23,36	9,89	19,68	0,12	0,1175
Oliv/Pom	6,90	17,09	7,89	15,78	0,12	0,1231
Água	0,64	5,54	0,88	5,95	0,09	0,2350
Rios	1789,74	1447,81	1762,61	1332,02	-0,08	0,2791
Caça	1,14	0,36	1,13	0,37	0,08	0,3132
Urba	3,88	12,92	0,86	3,32	0,07	0,3743
Prec	676,35	123,80	707,37	109,64	-0,06	0,4099
Temp	16,85	1,31	16,50	1,18	0,05	0,5067
Estradas_EM	908,17	1095,05	371,64	787,43	-0,02	0,7572
Vinhas	1,38	8,06	0,67	2,51	0,01	0,8979
Decl	4,03	2,50	3,64	1,47	0,00	0,9552
Alti	181,57	111,69	222,19	99,95	0,00	0,9780

As variáveis ambientais com  $P < 0,05$  são aquelas que mais contribuem para o valor calculado da distância de PenRose.

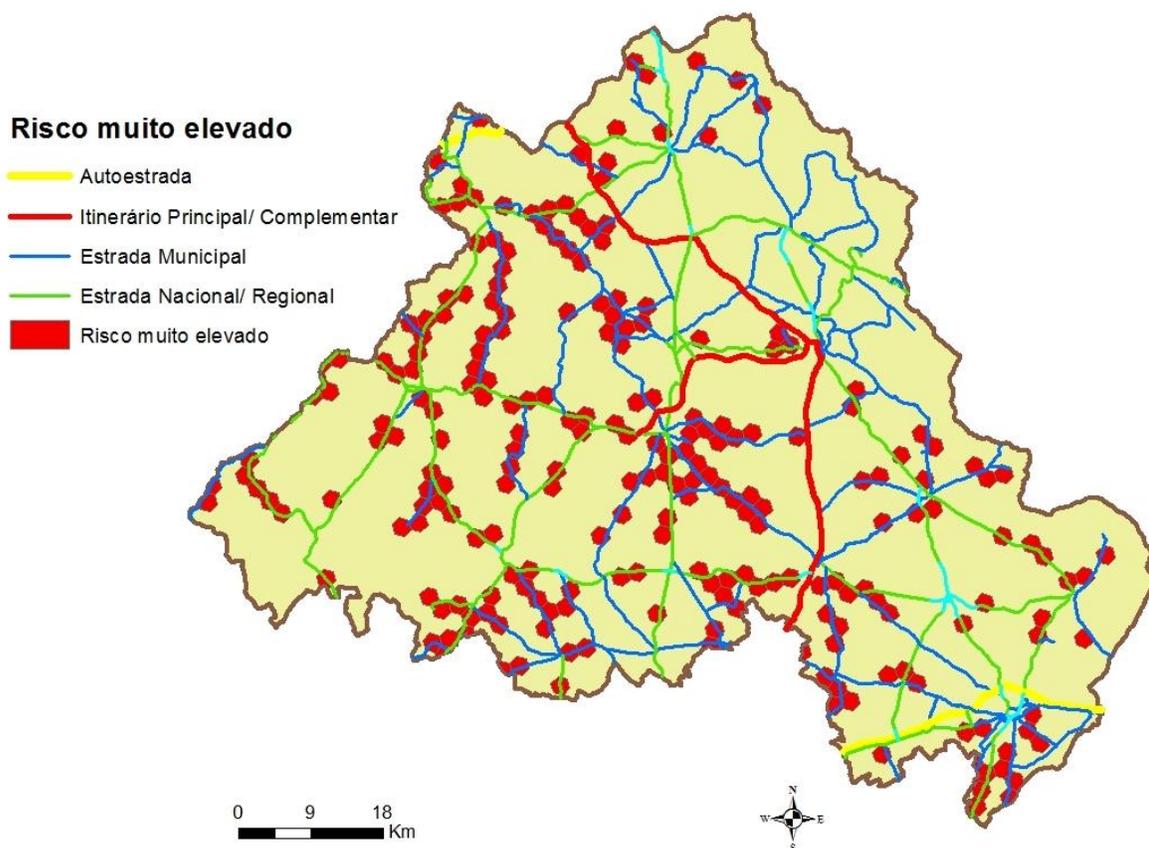
O comprimento dos Itinerários Principais/ Complementares (Estradas\_IP/IC) é a variável com maior peso, logo aquela que positivamente está mais correlacionada com o modelo, isto é, quanto maior o comprimento deste tipo de estrada menor o risco de atropelamento (maiores valores da distância de PenRose). Deste modo, maiores valores de comprimento de Itinerários Principais/Complementares (Estradas\_IP/IC), de Autoestradas (Estradas\_A) e de Estradas totais (Estradas) estão associados a um menor risco de atropelamento. Um aumento da percentagem de matos (Matos) e pastagens (Pastag) na envolvência das estradas está associado igualmente a um menor risco de atropelamento. Por outro lado, à medida que a percentagem de áreas agrícolas abertas (Agri\_ab) e o comprimento de Estradas Nacionais/ Regionais (Estradas\_ENR) aumentam, aumenta também o risco de atropelamento de javalis.

De seguida são apresentados com maior detalhe os resultados relativos a cada distrito.

### **mapas de risco | Portalegre**

Através da análise detalhada do distrito de Portalegre (figura 6 e figura 7), podemos observar que os troços com risco muito elevado de atropelamento de javalis parecem distribuídos ao longo de todo o distrito. Parece ser também na periferia norte e este de Portalegre, a maior cidade do distrito, que o risco de atropelamentos é menor.

Ao analisar com maior detalhe a tabela 5, podemos observar que as Estradas Nacionais/Regionais apresentam um maior risco associado (27,66%), sendo que as Estradas Municipais também apresentam uma elevada percentagem de troços com risco muito elevado de atropelamento (25,74%). Contrariamente, as Autoestradas e os Itinerários Principais/Complementares apresentam ausência de troços com risco de atropelamento elevado e apresentam uma percentagem superior de troços com risco reduzido e muito reduzido, sendo por isso as estradas com menor risco neste distrito.



**Figura 7** | Mapa dos troços de estrada com risco muito elevado de atropelamento de javalis (Distância de PenRose 0,16 - 0,48) no distrito de Portalegre.

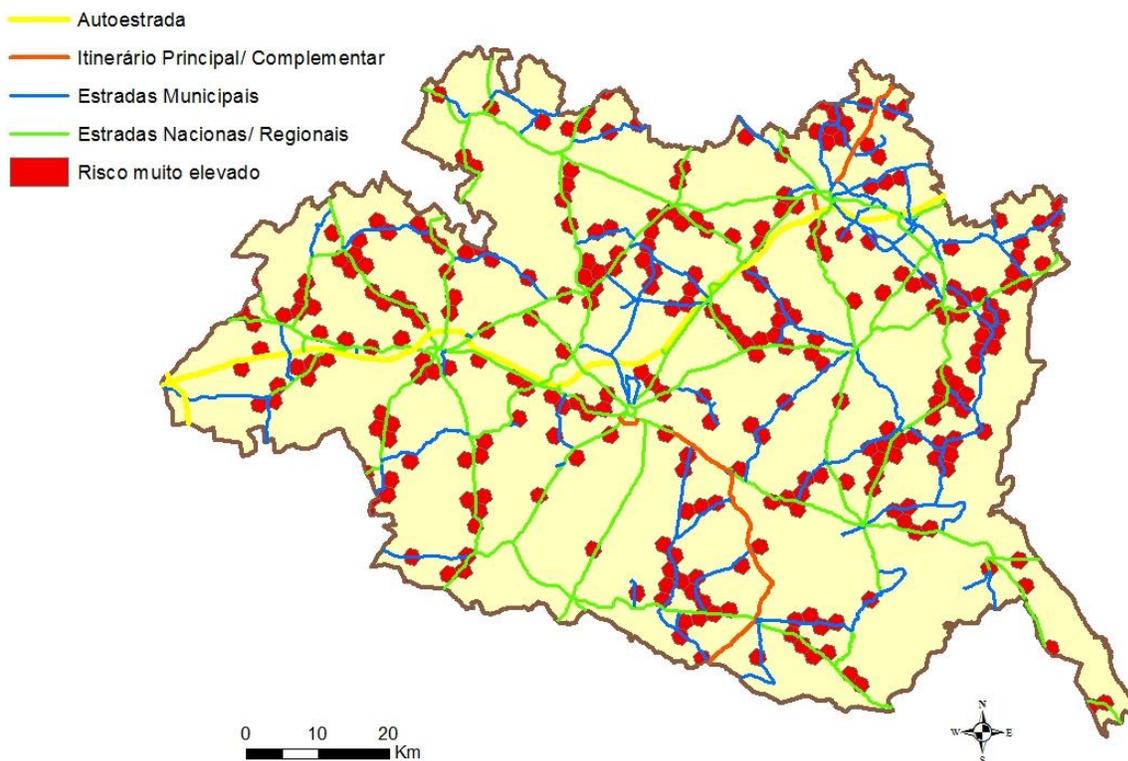
**Tabela 5** | Percentagem de cada uma das classes de risco (Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72), e número de troços em cada classe, por tipo de estrada, no distrito de Portalegre. Autoestrada (A), Estrada Nacional/Regional (EN/ER), Itinerário Principal/ Complementar (IP/IC) e Estrada Municipal (EM).

TROÇOS	A	%	IC/IP	%	EN/ ER	%	EM	%
Risco muito elevado	0	0,00	0	0,00	130	27,66	166	25,74
Risco elevado	3	12,00	5	7,46	111	23,62	182	28,22
Risco moderado	10	40,00	26	38,81	101	21,49	132	20,47
Risco reduzido	12	48,00	36	53,73	128	27,23	165	25,58
TOTAL	25	100,00	67	100,00	470	100,00	645	100,00

No mapa de risco de atropelamento de javalis no distrito de Évora (figura 6 e figura 8) podemos verificar que a distribuição dos locais de maior risco está generalizada por todo o distrito, sem agregações visíveis. As zonas de maior risco situam-se em geral nos arredores dos principais aglomerados urbanos: Estremoz, Borba e Vila Viçosa; Évora; Montemor-o-Novo e Reguengos (figura 8).

Ao analisar a tabela 6, podemos verificar que são as Estradas Municipais (EM) as que apresentam um maior número de troços com risco muito elevado (30,60%) e risco elevado (30,99%). As Autoestradas (A) e os Itinerários Principais/Complementares (IP/IC) apresentam uma maior percentagem de troços com risco moderado ou reduzido.

#### Risco muito elevado



**Figura 8** | Mapa dos troços de estrada com risco muito elevado de atropelamento de javalis (Distância PenRose 0,16 - 0,48) no distrito de Évora.

**Tabela 6** | Percentagem de cada uma das classes de risco (Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72), e número de troços em cada classe, por tipo de estrada, no distrito de Évora. Autoestrada (A), Estrada Nacional/Regional (EN/ER), Itinerário Principal/ Complementar (IP/IC) e Estrada Municipal (EM).

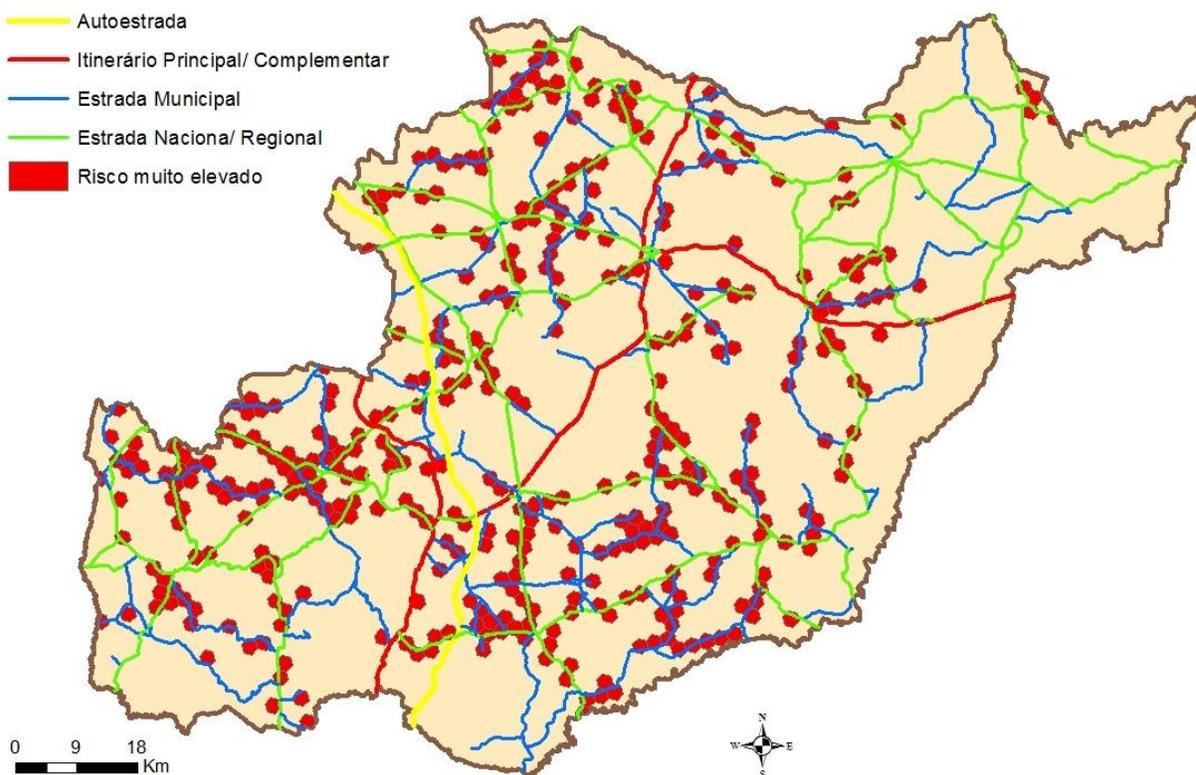
TROÇOS	A	%	IP/IC	%	EN/ER	%	EM	%
Risco muito elevado	0	0,00	4	3,01	180	26,55	157	30,60
Risco elevado	0	0,00	14	10,53	173	25,52	159	30,99
Risco moderado	1	33,33	53	39,85	178	26,25	104	20,27
Risco reduzido	2	66,67	62	46,62	147	21,68	93	18,13
TOTAL	3	100,00	133	100,00	678	100,00	513	100,00

### mapas de risco | Beja

É possível observar alguns focos de maior risco associado no distrito de Beja, nomeadamente na região de Ourique e na zona norte do Rio Mira, sendo que, contrariamente, a zona de Moura e Barrancos parece ter um baixo risco de atropelamento de javalis (figura 6 e figura 9).

Uma vez mais, as Estradas Nacionais/Regionais (EN/ER) e as Estradas Municipais (EM) são aquelas com um maior risco associado, apresentando por isso percentagens mais elevadas de troços com risco elevado e muito elevado (figura 9, tabela 7). Observando o mapa da figura 9 é possível verificar que o IP2 que liga Beja ao Algarve é a estrada com menor risco associado, o que está de acordo com a tabela 7, pois as Autoestradas (A) e os Itinerários Principais/Complementares (IP/IC) são as que se apresentam com uma percentagem maior de troços com risco moderado e risco reduzido de atropelamento no distrito de Beja.

### Risco muito elevado

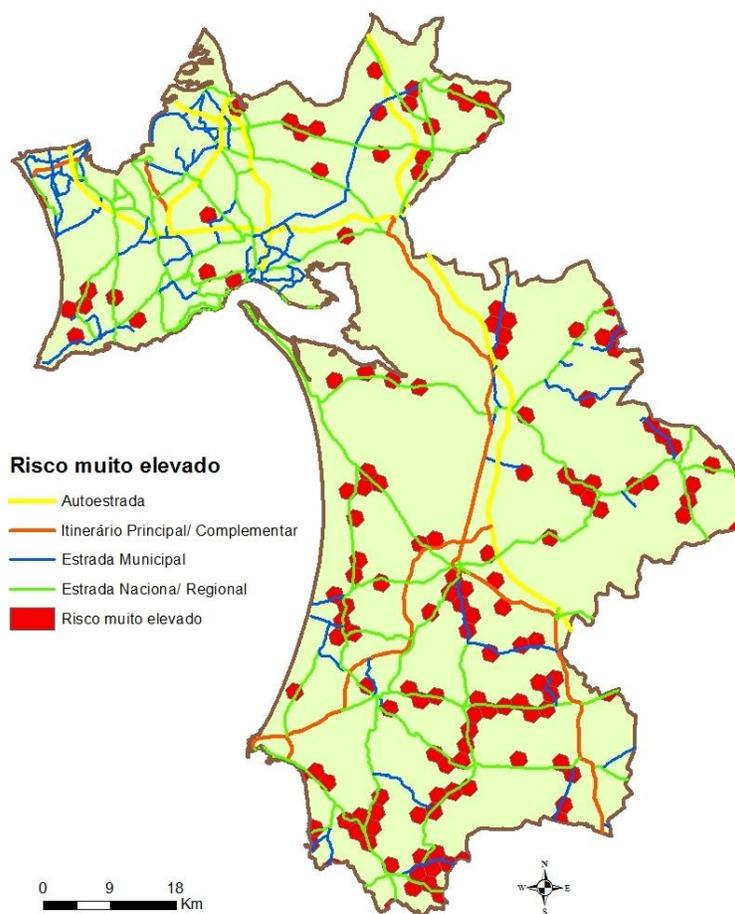


**Figura 9** | Mapa dos troços de estrada com risco muito elevado de atropelamento de javalis (Distância PenRose 0,16 - 0,48) no distrito de Beja.

**Tabela 7** | Percentagem de cada uma das classes de risco (Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72), e número de troços em cada classe, por tipo de estrada, no distrito de Beja. Autoestrada (A), Estrada Nacional/Regional (EN/ER), Itinerário Principal/ Complementar (IP/IC) e Estrada Municipal (EM).

TROÇOS	A	%	IP/IC	%	EN/ER	%	EM	%
Risco muito elevado	1	2,13	6	4,88	266	31,40	230	31,86
Risco elevado	3	6,38	12	9,76	236	27,86	212	29,36
Risco moderado	24	51,06	52	42,28	202	23,85	174	24,10
Risco reduzido	19	40,43	53	43,09	143	16,88	106	14,68
TOTAL	47	100,00	123	100,00	847	100,00	722	100,00

Setúbal (figura 6 e figura 10) parece ter poucos troços com risco elevado e muito elevado de atropelamento. Os troços com risco muito elevado parecem encontrar-se sobretudo a sul do distrito, principalmente nos concelhos de Santiago-do-Cacém (freguesias de Cercal do Alentejo, São Domingues e Abela) e de Grândola. Os focos de baixo risco que encontramos mais a norte são coincidentes com as principais metrópoles (Almada, Montijo, Setúbal e Seixal). É também notório que os troços com risco muito elevado estão associados maioritariamente às Estradas Nacionais/ Regionais (EN/ER). Os troços referentes às Autoestradas (A) são os que apresentam um menor risco. No entanto, ao contrário doutros distritos, as Estradas Municipais (EM) apresentam uma maior percentagem de troços com risco reduzido do que com risco muito elevado ou moderado (figura 10, tabela 8).



**Figura 10** | Mapa dos troços de estrada com risco muito elevado de atropelamento de javalis (Distância PenRose 0,16 - 0,48) no distrito de Setúbal.

**Tabela 8** | Percentagem de cada uma das classes de risco (Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72), e número de troços em cada classe, por tipo de estrada, no distrito de Setúbal. Autoestrada (A), Estrada Nacional/Regional (EN/ER), Itinerário Principal/ Complementar (IP/IC) e Estrada Municipal (EM).

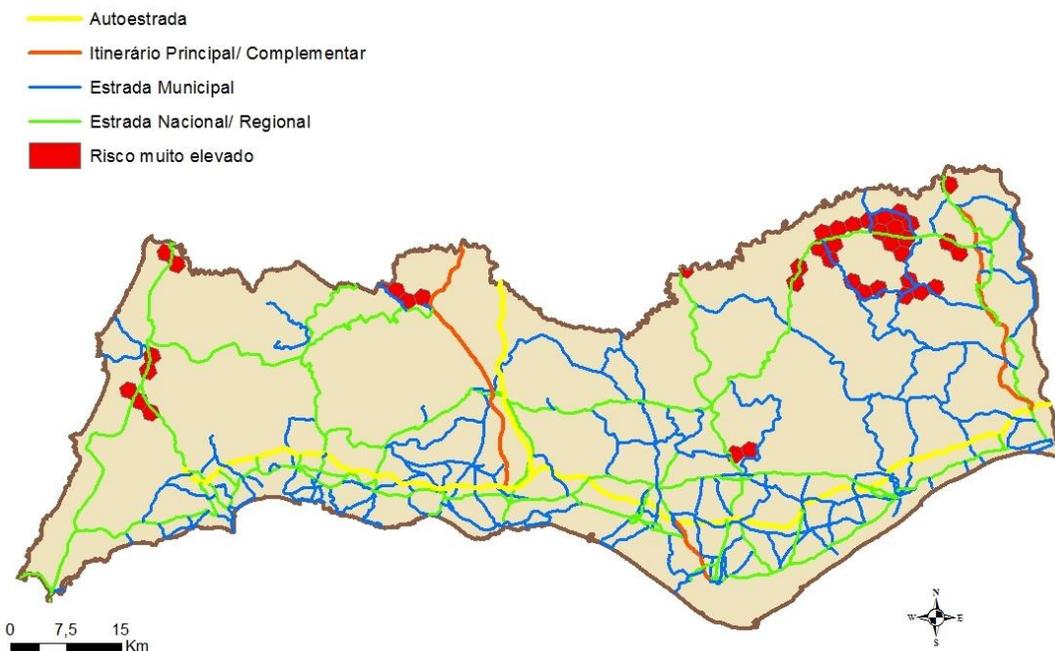
TROÇOS	A	%	IP/IC	%	EN/ER	%	EM	%
Risco muito elevado	0	0,00	4	3,60	120	20,51	44	12,57
Risco elevado	6	4,92	14	12,61	153	26,15	63	18,00
Risco moderado	37	30,33	30	27,03	150	25,64	62	17,71
Risco reduzido	79	64,75	63	56,76	162	27,69	181	51,71
TOTAL	122	100,00	111	100,00	585	100,00	350	100,00

### mapas de risco | Faro

O distrito de Faro é claramente o que apresenta um menor risco de atropelamento. Verificamos que a grande maioria da rede viária apresenta risco reduzido ou apenas risco moderado, havendo alguns pontos com maior risco associado, situados no interior algarvio (figura 6). Estes troços de risco muito elevado situam-se sobretudo nos concelhos de Alcoutim, São Brás de Alportel, Aljezur e Odeceixe (figura 6 e figura 11).

Uma vez mais, as Estradas Municipais (EM) e as Estradas Nacionais/Regionais (EN/ER) são as que apresentam risco muito elevado de atropelamento, e os troços de Autoestradas (A) e Itinerários Principais/ Complementares (IP/IC), são os que apresentam um menor risco (figura 11, tabela 9).

### Risco muito elevado



**Figura 11** | Mapa das estradas com risco muito elevado (Distância PenRose 0,16 - 0,48) de atropelamento de javalis no distrito de Faro.

**Tabela 9** | Percentagem de cada uma das classes de risco (Risco muito elevado: 0,16 - 0,48; Risco elevado: 0,49 - 0,72; Risco moderado: 0,73 - 1,18; Risco reduzido: 1,19 - 13,72), e número de troços em cada classe, por tipo de estrada, no distrito de Faro. Autoestrada (A), Estrada Nacional/Regional (EN/ER), Itinerário Principal/ Complementar (IP/IC) e Estrada Municipal (EM).

TROÇOS	A	%	IP/IC	%	EN/ER	%	EM	%
Risco muito elevado	0	0,00	1	0,84	27	3,41	30	3,97
Risco elevado	0	0,00	4	3,36	42	5,30	57	7,54
Risco moderado	3	10,71	25	21,01	199	25,13	225	29,76
Risco reduzido	25	89,29	89	74,79	294	37,12	444	58,73
TOTAL	28	100,00	119	100,00	792	100,00	756	100,00

## 5. Discussão

Através deste trabalho foi possível descrever os padrões globais das colisões com javalis e criar mapas de risco para os vários distritos do sul de Portugal, bem como identificar quais as variáveis que mais contribuem para um maior risco de atropelamento de javalis.

### | os dados

Como já foi referido anteriormente, apenas uma parte de todos os atropelamentos de javalis são reportados (geralmente apenas os que causam significativos danos materiais e/ou humanos), e os vários destacamentos de trânsito respondem e registam informações diferentes de variadas formas, dificultando assim a uniformização das ocorrências para toda a área de estudo. Esta realidade pode explicar a discrepância de números de atropelamentos para cada distrito e para cada ano de recolha, que poderão ser um reflexo da distribuição e consequentes atropelamentos da espécie, ou apenas o resultado de uma maior ou menor quantidade de colisões reportadas. No entanto, e porque o modelo da distância de PenRose permite a utilização de apenas presenças (*presence only*), estes foram suficientes para criar um mapa preditivo do risco de atropelamento de javalis para o sul do país.

Apesar de não ter sido possível a cedência dos dados recolhidos pela GNR de Setúbal, dados de outros destacamentos permitiram obter registos para esta região, tendo por isso sido considerada nas análises efetuadas. Igualmente, o distrito de Faro apresenta um número baixo de ocorrências, apesar de corresponder à totalidade dos dados fornecidos por todos os destacamentos desse distrito. Nos dois distritos referidos, a menor abundância de dados pode também diminuir a robustez dos modelos nas zonas consideradas. Este problema é bastante comum à grande maioria dos dados com apenas presenças, e ao tipo de metodologia adotada na nossa análise. No entanto, optou-se por se utilizar a totalidade de distritos, independentemente do número final de registos, de modo a se poder ter uma visão global para uma região mais extensa, aproveitando todos os dados recolhidos, já que nem sempre são fáceis obter.

O facto dos distritos do Alentejo (Évora, Beja e Portalegre) serem os que apresentam um maior risco associado de atropelamento parece estar relacionado com a distribuição e expansão da espécie. A maior disponibilidade de alimento presente todo o ano no Alentejo parece ser a razão mais provável para os padrões de distribuição e de reprodução das populações de javali nesta região (Fonseca et al. 2004). Este facto está também relacionado com o abandono das propriedades, que tornaram esta região mais depauperada de populações humanas e potencialmente propícia à expansão de espécies como o javali. Esta tendência das populações pode confirmar-se através dos efetivos abatidos nas montarias (Santos 2002, Lopes & Borges 2004), já que só o Alentejo contribui com 61.5% de todos os javalis caçados em Portugal (Lopes & Borges 2004), apesar de parecer haver tendências populacionais divergentes nos vários concelhos da região (Santos 2002).

Em particular na região de Beja, verificou-se que Moura e Barrancos apresentam risco reduzido de atropelamento de javalis ao contrário do esperado, já que estas são áreas com grande densidade da espécie. Moura é um dos concelhos do Alentejo com maior número de javalis abatido (Santos 2002). Este resultado pode traduzir sobretudo o tráfego reduzido e a baixa densidade humana, que poderão diminuir o risco de colisão nos troços de estrada da região.

Os resultados para o distrito de Setúbal poderão apresentar uma menor robustez que os outros distritos do Alentejo, devido ao baixo número de ocorrências para esta região. No entanto, tendo em consideração as presenças de atropelamentos registadas, este distrito apresenta um menor risco que os restantes. Isto poderá ter acontecido sobretudo porque uma grande parte do distrito de Setúbal é constituído por uma elevada densidade populacional humana, o que se poderá traduzir numa menor densidade da espécie, logo num menor risco de colisão. Segundo Malo et al. (2004), a proporção de áreas urbanas diminui a percentagem de atropelamentos de javalis, sendo esta uma região mais humanizada, espera-se que o risco seja menor. O risco mais elevado existente na região poderá estar associado ao litoral alentejano e às paisagens de montado, habitats que apresentam condições ecológicas para albergar a espécie (Santos 2002), e que podem

justificar maiores movimentos de javalis para estas zonas, logo uma maior probabilidade de colisão.

O distrito de Faro poderá apresentar o mesmo problema de robustez que o distrito de Setúbal, dado o também baixo número de dados recolhidos pelos destacamentos na região. Mas devido sobretudo às características de ocupação humana do Algarve, é expectável que o risco associado a esta região seja também baixo, sobretudo nas regiões litorais onde a permanência da espécie é nula, já que não existe registo de javalis em municípios costeiros (Lopes & Borges 2004) e o risco de atropelamentos diminui com o aumento da urbanização (Malo et al. 2004). O risco associado existente parece ocorrer mais no interior Algarvio, provavelmente associado à paisagem de serra, com maior disponibilidade de alimento e abrigo. Estes locais, ao serem atrativos para a espécie, podem levar a movimentos dos javalis na sua direção, em busca de melhores condições e consequentemente a um maior risco de colisão.

#### **| variáveis**

As zonas com maior concentração de vias rápidas (Itinerários Principais/ Complementares e Autoestradas) tiveram um maior número de troços com risco de colisão reduzido, e estas foram também as variáveis estatisticamente mais importantes para o modelo. Isto pode-se explicar pelas características físicas da estrada, pois são geralmente vedadas ao longo de toda a sua extensão, o que dificulta o acesso dos javalis à rodovia e ajuda a direcioná-los para possíveis locais de passagem fora do asfalto (pontes, passagens agrícolas, passagens hidráulicas de grandes dimensões), havendo consequentemente um menor risco de colisão com os veículos. Estes resultados estão de acordo com o referido por Malo et al. (2004) e Gunson et al. (2010). Segundo estes autores, a presença de taludes íngremes e vedações contínuas nesta tipologia de estradas, diminuem os atropelamentos de javalis. Em quase todos os distritos, a maior percentagem de troços com risco muito elevado de atropelamento encontrava-se associada às Estradas Nacionais/ Regionais. Esta variável mostrou também ter uma forte correlação negativa com a distância de PenRose, por isso, à medida que o perímetro destas vias aumenta na área de estudo, aumenta também o risco de atropelamento de javalis. Este resultado está de acordo com o esperado, uma vez que são estradas cuja tipologia permite o acesso dos animais às vias, pois não possuem vedações nem raíles de

proteção e, ao mesmo tempo, são também estradas com elevado tráfego e cujas velocidades praticadas são por vezes elevadas.

Nos mapas finais, as Estradas Municipais também se mostraram vias com um elevado risco associado, talvez devido à falta de barreiras que impeçam o atravessamento dos animais. No entanto, estas apresentaram uma baixa correlação com a distância de PenRose e reduzido nível de significância e não deverão, portanto, ser um fator de importância primordial na avaliação do risco de atropelamento.

Foi possível verificar também que o risco de atropelamento diminui com o aumento do comprimento total das estradas na área de estudo. Isto pode ser explicado pelo facto da perturbação provocada por uma elevada densidade de estradas (uma vez que esta variável inclui todas as tipologias) ter um efeito dissuasor da presença de javalis nas suas imediações.

Além das características e tipologia das vias, a paisagem envolvente foi também fundamental na formulação do modelo preditivo da ocorrência de colisões.

A composição da paisagem está relacionada com a disponibilidade de recursos alimentares e de abrigos, e estas são as variáveis que mais influenciam a abundância de javalis (Acevedo et al. 2009). Esta espécie necessita de habitats fechados para proteção e habitats mais abertos para alimentação (Mauget 1983). Segundo um estudo de javalis realizado em Doñana (Cuartas & Braza 1990), os javalis passam a maior parte do seu tempo a alimentar-se (59,2%) e em deslocação (27,4%). Nesse sentido, é de esperar alguma mobilidade da espécie particularmente entre zonas de alimentação ou entre zonas de abrigo e alimentação. O uso de áreas agrícolas por parte dos javalis é bastante comum, principalmente na primavera e no verão, resultando várias vezes em graves prejuízos para os agricultores (Santos 2002, Santos et al. 2004, Rabanal 2011). Como estas funcionam como locais de procura de alimento, o aumento destas áreas junto às estradas poderá funcionar como um chamariz para a espécie, contribuindo para um maior risco de atropelamento. Com efeito, os resultados do modelo de risco de colisão sugerem que os animais correm maiores riscos quando procuram ou se deslocam nestas paisagens. Os matos mostraram ser também uma variável importante para o modelo. À medida que a percentagem de matos aumenta nas

imediações das estradas, diminui o risco de atropelamento. Os matos são essenciais para a fixação da espécie, sobretudo pelo fornecimento de abrigo (Santos 2002). No entanto, isto acontece na presença de matos densos sob coberto arbóreo. No presente estudo, tratam-se essencialmente de matos monoespecíficos, com presença muito reduzida de arvoredos, apresentando por isso pouca disponibilidade de alimento ou abrigo que justifique grandes movimentações da espécie. Deste modo é de esperar que os javalis não se desloquem ou se desloquem pouco para este tipo de habitats, diminuindo o risco de atropelamento nestas áreas.

Apesar de alguns estudos (e.g. Santos et al. 2004) mostrarem que, no verão, as pastagens com irrigação são locais utilizados pelo javali onde fuçam à procura de alimento, neste trabalho o risco de atropelamento diminui na classe pastagem. No entanto, no presente estudo, esta classe refere-se sobretudo às pastagens naturais onde não existe irrigação, sendo por isso um habitat pouco atrativo para a espécie.

### **| abundância de javalis**

Foram utilizados resultados das montarias como base para a avaliação da abundância de javalis na área de estudo. Esta estimativa pode ter um erro associado, pois um maior número de animais caçados poderá não traduzir uma maior abundância da espécie, ou seja, o facto de se caçar mais numa determinada área pode ser o resultado de um maior/melhor acesso à espécie e não de uma maior abundância da mesma. No entanto, na Península Ibérica, os efetivos populacionais e as mudanças anuais na abundância de javalis são muitas vezes determinados através dos resultados das montarias (Sáez-Royuela & Tellería 1988, Acevedo et al. 2009, Braga et al. 2010). Apesar da utilização dos resultados da caça como método de censos ser baseada em pressupostos relacionados com o real esforço de caça e as capturas obtidas (Badia et al. 1991), que podem muitas vezes condicionar e relativizar os resultados, estes continuam a ser métodos bastante utilizados (e.g. Sáez-Royuela & Tellería 1988, Badia et al. 1991, Braga et al. 2010). Fonseca (1997) mostrou que é aceitável assumir que o tamanho das populações caçadas estão positivamente correlacionadas com a densidade das populações portuguesas de javalis, e por tal, a variável caça foi tratada como aproximação à abundância populacional. Considera-se, portanto, útil o cálculo deste tipo de

aproximações quando não se tem acesso a informações mais precisas a uma escala espacial alargada.

Neste trabalho, a abundância de javalis (caça) não se revelou importante para previsão do risco de atropelamento. A correlação entre esta variável e o modelo não é de todo significativa, e sugere que a abundância da espécie não é uma variável primordial para avaliar o risco de colisão com veículos. Contudo, há que ter em conta as limitações inerentes ao cálculo desta variável e que foram explicitadas nos parágrafos anteriores.

### **| conclusões**

Este trabalho foi um importante ponto de partida, no sentido em que permitiu extrair o mapa de risco de atropelamento de javalis no sul de Portugal. Desta maneira, foi possível verificar as estradas e regiões com um maior risco associado e os locais onde é mais importante e urgente atuar, contribuindo assim para a gestão da espécie no nosso território e para o aumento da segurança rodoviária.

De um modo geral, as Estradas Nacionais/Regionais e Estradas Municipais são aquelas onde existe um risco mais elevado, e como tal devem ser particularmente tidas em conta na decisão da implementação de medidas de mitigação. Também foi claro o maior risco associado aos distritos de Évora, Beja e Portalegre, relacionado de modo geral com a predominância de paisagem agrícola que funciona como local de alimentação para a espécie.

No entanto, para uma maior precisão do modelo seria importante ter estimativas mais precisas da abundância das populações na área de estudo, complementando deste modo as informações conseguidas através das áreas de caça. Sugere-se também uma abordagem mais profunda a outras variáveis que poderão ter um papel importante nos atropelamentos e que não foram passíveis de analisar neste trabalho, tais como as componentes relacionadas com o tráfego e densidade humana, condições climáticas durante os acidentes e variáveis temporais. Estas poderiam permitir uma maior adequabilidade do modelo, possibilitando uma extrapolação mais assertiva dos resultados, não só a nível regional, mas a nível global.

No entanto, apesar dos constrangimentos temporais que não permitiram análises mais específicas e a recolha de variáveis potencialmente importantes, foi possível desenvolver um mapa de risco de atropelamento de javalis. A distância de PenRose mostrou-se assim uma metodologia potencial no que toca a modelos preditivos, permitindo, rápida e assertivamente, desenvolver mapas de risco essenciais como ponto de partida para a instalação e desenvolvimento de medidas de mitigação de atropelamentos.

Espera-se que este trabalho possa ter um forte contributo na implementação de medidas mitigadoras de colisões com javalis e um alerta para a necessidade de mais estudos, que possam beneficiar não só as espécies protegidas, mas também a segurança rodoviária.

## 6. Bibliografia

Acevedo P., Vicente J., Alzaga V. & Gortázar C. (2009). Wild Boar abundance and hunting effectiveness in Atlantic Spain: Environmental Constraints. *Galemys* 21 (2): 13-29.

Adams L.M. (2009). Use of non-invasive surveys to validate predicted Bobcat (*Lynx rufus*) habitat distribution in Wisconsin from landscape-scale GIS information. A Thesis Submitted in partial fulfillment of the requirements of the degree Master of Science in Natural Resources. College of Natural Resources. University of Wisconsin. Stevens Point, Wisconsin. 71 pp.

AICEP - Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal. (2011). Portugal - Perfil País. E.P.E. -. Ministério dos Negócios Estrangeiros. Governo de Portugal. Disponível em <http://www.portugalglobal.pt/PT/Biblioteca/Paginas/Homepage.aspx>, acedido em Abril 2012.

Anderson P. (2002). Road as barriers. *In* Sherwood B., Cutler D. e Burton J. (2002). *Wildlife and roads: the ecological impact*. Imperial College Press. London.

Angold P.G. (2002). Environmental impacts of transport infrastructure: habitat fragmentation and edge effect. *In* Sherwood B., Cutler D. e Burton J. (2002). *Wildlife and roads: the ecological impact*. Imperial College Press. London.

APA. (2011). Atlas do ambiente. Agência Portuguesa do Ambiente. Disponível em <http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/>, acessado em Novembro de 2011.

Apollonio M., Andersen R. & Putman R. (2010). European ungulates and their management in the 21<sup>st</sup> century. Cambridge University Press. Cambridge. 604 pp.

Badia J., Spitz F. & Valet G. (1991). Estimate of the size of a hunted population. *Ecological Modelling* 55: 113-122.

Bennett A.F. (1991). Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. *Nature conservation 2: the role of corridors* (eds. Saunders D.A. & Hobbs R.J.). Pp 99-118. Surrey Beatty & Sons Pty Limited. Western Australia.

Benitez-Lopez A., Alkemade R. & Verweij P.A. (2010). The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis. *Biological Conservation* 143:1307-1316.

Boitani L., Mattei L., Nonis D. & Corsi F. (1994). Spatial and activity patterns of wild boars in Tuscany, Italy. *Journal of Mammalogy* 75:600-612.

Braga C., Alexandre N., Fernández-Llario P. & Santos P. (2010). Wild boar (*Sus scrofa*) harvesting using the espera hunting method: side effects and management implications. *European Journal of Wildlife Research* 56: 465-469.

Caetano M., Nunes V. & Nunes A. (2009). CORINE Land Cover 2006 for Continental Portugal. Relatório técnico. Instituto Geográfico Português.

Cancela d'Abreu A., Correia T.P. & Oliveira R. (2004). Contributos para a Identificação e Caracterização da Paisagem em Portugal Continental. Vol. IV e V. DGOTDU. Lisboa.

Childs C. (2004). Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst. ESRI Education Services. Disponível em [www.esri.com](http://www.esri.com), acessado em Junho 2012.

Clevenger A.P., Wierzchowski J., Chruszcz B. & Gunson K. (2002). GIS-generated, expert-based models for identifying wildlife habitat linkages and planning mitigation passages. *Conservation Biology* 16: 503-514.

- Cuartas P. & Braza F. (1990). Reparto temporal de actividades del jabali (*Sus scrofa*) en Doñana (SO Españã). Acta Vertebrata 17: 91-102.
- Dytham C. (1999). Choosing and Using Statistics: A Biologists Guide. Second ed. Blackwell Science. York, UK. 218 pp.
- ESRI. (2011). ArcMap 10. Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Fernández-Llario P., Mateos-Quesada P., Silvério A. & Santos P. (2003). Habitats effects and shooting techniques on two wild boar (*Sus scrofa*) populations in Spain and Portugal. Zeitschrift fur Jagdwissenschaft 49: 120-129.
- Focardi S., Toso S. e Pecchioli E. (1996). The population modelling of fallow deer and wild boar in a Mediterranean ecosystem. Forest Ecology and Management 88: 7-14.
- Fonseca C. (1997). Influence of landscape and environmental factors upon harvest rate and habitat selection of wild boar in Central Portugal. European Journal of Wildlife Research 2: 296-302.
- Fonseca C., Santos P., Monzon A., Bento P., Alves da Silva A., Alves J., Silverio A., Soares A.M.V.M. & Petrucci-Fonseca F. (2004). Reproduction in the wild boar (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) populations of Portugal. Galemys 16: 53-65.
- Forman R.T.T. & Alexander L.E. (1998). Roads and their major ecological effects. Annual Review of Ecology and Systematics 29: 209-231.
- Forman R.T.T., Sperling D., Bissonette J.A., Clevenger A.P., Cutshall C.D., Dale V.H. et al. (2003). Road ecology: science and solutions. IslandPress. Washington. 481 pp.
- Gotelli N.J. & Ellison A.M. (2004). A Primer of Ecological statistics. Sinauer Associates, Inc., Sunderland. Massachusetts. U.S.A.. 479 pp.
- Groot-bruinderink G.W.T.A. & Hazebroek E. (1996). Ungulate traffic collisions in Europe. Conservation Biology 10: 1059-1067.

Gunson K.E., Mountrakis G., Quackenbush L.J. (2010). Spatial wildlife-vehicle collision models: A review of current work and its application to transportation mitigation projects. *Journal of Environmental Management*, doi:10.1016/j.jenvman.2010.11.027.

Jenness J. (2005). Repeating Shapes (repeat\_shapes.avx) extension for ArcView 3.x. Jenness Enterprises. Disponível em [http://www.jennessent.com/arcview/repeat\\_shapes.htm](http://www.jennessent.com/arcview/repeat_shapes.htm), acessado em Fevereiro 2012.

Kolowski J.M. & Nielsen C.K. (2008). Using PenRose distance to identify potential risk of wildlife-vehicle collisions. *Biological conservation* 141: 1119-1128.

Lopes F.J.V. & Borges J.M.F. (2004). Wild Boar in Portugal. *Galemys* 16: 243-251.

Malo J.E., Suárez F. & Díez A. (2004). Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology* 41: 701-710.

Massei G. & Genov P. (2004). The environmental impact of wild boar. *Galemys* 16: 135-145.

Mauget R. (1983). Home range use and its determining factors in the European wild boar (*Sus scrofa* L.). XV Congr. Int. Fauna Cinegética y Silvestre. Trujillo 1981: 315-329.

McDonald P.T. (2006). Habitat affiliations of sympatric carnivores in southern Illinois. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master of Science Degree. Department of Geography and Environmental Resources. Southern Illinois University Carbondale. Illinois. 81 pp.

NASA Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). (2011). ASTER Global Digital Elevation Model Version 2. USGS/Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. Sioux Falls. South Dakota.

Penrose L.S. (1952). Distance, size and shape. *Annals of Human Genetics* 17: 337-343.

Pinto-Correia T. (1993). Threatened Landscape in Alentejo, Portugal the Montado and Other Agro-Silvo-Pastoral Systems. *Landscape and Urban Planning* 24: 43-8.

Pinto-Correia T. & Vos W. (2004) Multifunctionality in Mediterranean landscapes – past and future. *In* Jongman R. (Ed.). The New Dimensions of the European Landscape. Wageningen EU Frontis Series. Springer. 266 pp.

Quantum GIS Development Team. (2011). Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em <http://qgis.osgeo.org>, acessado a Novembro 2011.

R Development Core Team. (2011). Free software environment for statistical computing and graphics. Disponível em <http://www.r-project.org/>, acessado a Novembro 2011.

Rabanal V.J.C. (2011). Contribuciones al análisis de mortalidad de vertebrados en carreteras- Identificación de patrones en las colisiones de vehículos con jabalíes mediante mapas auto organizativos con objeto de mejorar el proceso de selección de las medidas de mitigación. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales. Universidad de Salamanca.

Ramp D., Caldwell J., Edwards K.A., Warton D. & Croft D.B. (2005). Modelling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia. *Biological Conservation* 126: 474-490.

Rosell C., Fernández-Llario P. & Herrero J. (2001). El Jabalí (*Sus scrofa* LINNAEUS, 1758). *Galemys* 13 (2): 1-25.

Sáez-Royuela C. & Tellería J.L. (1988). Las batidas como método de censo en especies de caza mayor: aplicación al caso del jabalí (*Sus scrofa* L.) en la provincia de Burgos (Norte de España), Doñana. *Acta Vertebrata* 15: 215-223.

Santos P. (2002). Critérios para a gestão racional do javali, *Sus scrofa* L. 1758, em ecossistemas mediterrânicos. Dissertação de Doutoramento, ramo Ciências do Ambiente. Universidade de Évora. Évora. 313 pp.

Santos P., Mexia-de-Almeida L. & Petrucci-Fonseca F. (2004). Habitat selection by wild boar *Sus scrofa* L. in Alentejo, Portugal. *Galemys* 16: 167-184.

Saveliev A.A., Mukharamova S.S. & Zuur A.F. (2007). Analysis and modelling of lattice data *In* Zuur, A.F., Ieno, E.N. & Smith, G.M. (2007) *Analysing Ecological Data*, Statistics for Biology and Health. Springer Science Business Media, LLC.

Seiler A. (2004). Trends and spatial patterns in ungulate-collision in Sweden. *Wildlife Biology* 10: 301-313.

Seiler A. (2005). Predicting locations of moose – vehicle collision in Sweden. *Journal of Applied Ecology* 42: 371-382.

Spitz F. (1986). Current state of knowledge of wild boar biology. *Pig News and Information*. Vol.7: n<sup>o</sup>2.

Spiz F. & Janeau G. (1990). Spatial strategies: an attempt to classify daily movements of wild boar. *Acta Theriologica* 35(1-2): 129-149.

Webster R. & Oliver M.A. (2007) *Geostatistics for Environmental Scientists/2nd Edition*. John Wiley & Sons, Ltd. England. 315 pp.

## | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os atropelamentos de ungulados são cada vez mais frequentes e atualmente são considerados um sério problema económico e social (Apollonio et al. 2010). O javali, devido ao seu elevado tamanho corporal e ao constante aumento das suas populações por toda a Europa, tornou-se num potencial alvo de colisões. Cada vez mais são frequentes os atropelamentos desta espécie nas estradas portuguesas (Lopes & Borges 2004), com prejuízos e consequências graves para os condutores. Apesar dos atropelamentos não terem consequências significativas na dinâmica das populações de javalis, o impacto destas colisões passa sobretudo pela segurança rodoviária, e são urgentes de resolver. No entanto, a plasticidade e ubiquidade desta espécie tornam difíceis as análises e os estudos que a envolvem (Uzal & Nores 2004), e são ainda escassos os estudos sobre as suas populações no nosso território.

De um modo geral, os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com a bibliografia referente à ecologia do javali e aos estudos de atropelamentos realizados pela Europa (e.g. Malo et al. 2004, Gunson et al. 2010), que associam os focos de alimentação e os locais de abrigo como variáveis essenciais na previsão do risco de colisão.

No sul de Portugal, as estradas do Alentejo são aquelas onde é mais importante e urgente atuar, com especial foco para os troços pertencentes a estradas sem cercas e raíles de proteção, uma vez que estas apresentaram um maior risco de colisão.

Este resultado parece ser concordante com a distribuição da espécie nesta região, pois o abandono das propriedades e parcelas agrícolas (Sáez-Royela & Tellería 1986, Lopes & Borges 2004, Acevedo et al. 2006) e a disponibilidade de alimento e abrigo no Alentejo (Santos 2002) são fatores bastante atrativos para o javali. Neste sentido, é de esperar maiores movimentos da espécie neste território, explorando os recursos, o que pode culminar num maior número de atravessamentos de vias e, conseqüentemente, num maior número de atropelamentos. É também concordante com outros estudos com ungulados (e.g. Malo et al. 2004 e Gunson et al. 2010), onde as estradas sem barreiras físicas ao atravessamento de animais são as que apresentam maiores riscos, e por tal, onde é mais urgente atuar.

A frequência de colisões com javalis, bem como as taxas de mortalidade de várias outras espécies nas estradas portuguesas, justificam a necessidade de considerar o impacto de novos troços rodoviários nas populações de animais, e a implementação de medidas de mitigação nos troços já existentes (Ascensão & Mira 2006). Porém, o sucesso das medidas e estruturas de mitigação está também dependente da previsão assertiva das áreas a serem utilizadas pelas espécies para atravessar as estradas (Kolowski & Nielsen 2008), bem como das áreas com maior risco associado. Nesse sentido, os modelos preditivos têm um elevado potencial ao serem utilizados no planeamento de futuras estradas, permitindo-nos limitar ou evitar áreas com potencial risco de colisão (Malo et al. 2004). No que toca a espécies cujas populações se estão a expandir, como o javali, os modelos preditivos são também essenciais no que toca a antecipar potenciais zonas de risco de atropelamento, onde não existam dados prévios de registos de ocorrência (Kolowski & Nielsen 2008).

A utilização de ferramentas recentes, como a distância de PenRose, revelou-se bastante útil no presente estudo em que apenas existia um número reduzido das reais ocorrências de atropelamentos e não foi possível determinar os locais de ausência (Kolowski & Nielsen 2008). É um método expedito e de reduzido custo, que permite utilizar dados oficiais no sentido de perceber as tendências de determinada espécie, e o risco associado às redes viárias envolventes. Este modelo permite também perceber quais as variáveis ambientais e ecológicas mais importantes para a ocorrência de atropelamentos, permitindo-nos assim adaptar as medidas de mitigação (Rabanal 2011) ao meio envolvente e às características da espécie.

Dada a elevada plasticidade do javali, podemos sugerir a implementação de combinações de railas e vedações, já que as estradas com presença de barreiras físicas foram as que apresentaram uma maior importância para o modelo e um menor risco de atropelamento, juntamente com passagens para fauna, se possível viadutos. Vários estudos sugerem que, na Europa (e.g. Van Wieren et al. 2001 e Jones 2010), os viadutos sobre as estradas, construídos sobretudo para permitir a passagem de espécies cinegéticas, são utilizados com sucesso por mamíferos de grandes dimensões, especificamente pelo veado e pelo javali. Estas parecem ser as melhores medidas a serem implementadas nos troços com maior risco de atropelamento. Porém, devido sobretudo aos custos associados a este tipo de ações, estas

devem ser restritas aos segmentos de estradas com elevado volume de tráfego e zonas de acesso facilitado, onde a probabilidade de um atravessamento de sucesso é muito baixa (Groot-Bruinderink & Hazebroek 1996, Rabanal 2011). Para estradas secundárias é recomendada a aplicação sazonal de sinais de alerta intermitentes e iluminados, se possível, desencadeados pelos animais. Enfatizamos a necessidade de programas educativos dirigidos aos condutores (Groot Bruinderink & Hazebroek 1996).

Este primeiro trabalho realizado em Portugal sobre modelação do risco de atropelamento com javalis, um ungulado frequente no nosso território e nas nossas estradas, permitiu uma primeira abordagem aos fatores que mais influenciam os atropelamentos e a perceção de onde é mais urgente atuar.

Num futuro próximo, será imprescindível conseguir criar modelos mais robustos, tendo como base uma maior e mais aprofundada análise às várias variáveis que possam influenciar os atropelamentos e, desta maneira, complementar os resultados obtidos neste trabalho. Para tal será essencial que se consigam mais registos de colisões e com dados mais detalhados, principalmente nos distritos onde não foi possível recolher informação ou onde os registos são escassos. Seria importante, para os futuros projetos, a implementação de questionários a serem efetuados aos condutores e agentes de trânsito, de modo a melhor perceber a realidade dos atropelamentos nas estradas portuguesas. A implementação de um sistema nacional de recolha de atropelamentos com fauna, com a uniformização da informação a ser recolhida por parte dos agentes, é essencial no sentido de agilizar e melhorar os dados cedidos pelos vários destacamentos. Desta maneira será possível utilizar apenas presenças na construção de modelos preditivos, mas com uma maior robustez. Seriam também necessárias uma série de variáveis não passíveis de serem recolhidas neste trabalho, mas que poderiam contribuir para uma maior assertividade do mesmo. As características das vias, por exemplo, são normalmente referidas como a geometria da estrada e incluem também o volume de tráfego e os limites de velocidade (Bissonette & Kassir 2008). Estas têm sido descritas como estando diretamente relacionadas com os atropelamentos de várias espécies (Forman & Alexander 1998), justificando uma posterior análise dos resultados obtidos através deste trabalho, tendo em consideração a recolha e tratamento deste tipo de variáveis. No entanto, não existem dados oficiais do volume de

tráfego para todas as tipologias de estradas e a variabilidade de tráfego dentro de uma mesma estrada dificultaria a uniformização dos resultados. Teria sido também uma mais-valia para o trabalho a utilização de dados temporais dos atropelamentos e nesse sentido relacioná-los com os padrões de dispersão conhecidos para a espécie na região (Santos 2002, Santos et al. 2004), de modo a identificar padrões temporais de maior risco. A análise futura dos períodos sazonais de maior risco será importante ao permitir concentrar temporalmente medidas de sensibilização e informação dos condutores.

As dificuldades inerentes a este trabalho passaram essencialmente pelo contato com as entidades públicas e privadas, cujas respostas e fornecimento dos dados pedidos são muitas vezes demorados e/ou negativos, e que dificulta a total concretização dos objetivos. Apesar dos constrangimentos temporais e financeiros que não permitiram uma análise e recolha mais aprofundada de variáveis ambientais adicionais que pudessem ter melhorado o modelo preditivo, este trabalho pode ser considerado um importante contributo para a elaboração e aplicação de futuras medidas que visem a mitigação dos atropelamentos de javalis em estradas e zonas de maior risco e o delineamento de novos projetos que se centrem num melhor e mais aprofundado estudo da espécie no nosso território.

Será então imprescindível apresentar estes resultados às entidades competentes e, desta forma, avançar com o planeamento e implementação de medidas de mitigação de atropelamento de javalis, que acabarão por beneficiar várias outras espécies e também os condutores.

## | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo P., Escudero M.A., Munoz R. & Gortázar C. (2006). Factors affecting wild boar abundance across an environmental gradient in Spain. *Acta Theriologica* 51: 327-336.

Acevedo P., Vicente J., Alzaga V. & Gortázar C. (2009). Wild Boar abundance and hunting effectiveness in Atlantic Spain: Environmental Constraints. *Galemys* 21 (2): 13-29.

AICEP - Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal. (2011). Portugal - Perfil País. E.P.E. -. Ministério dos Negócios Estrangeiros. Governo de Portugal. Disponível em <http://www.portugalglobal.pt/PT/Biblioteca/Paginas/Homepage.aspx>, acedido em Abril 2012.

Apollonio M., Andersen R. & Putman R. (2010). European ungulates and their management in the 21<sup>st</sup> century. Cambridge University Press. Cambridge. 604 pp.

Ascensão F. & Mira A. (2006). Spatial patterns of road Kills: a case study in Southern Portugal. *In* Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation. Eds. Irwin C.L., Garret P., McDermott K.T.. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC. Pp 641-646.

Bennett A.F. (1991). Roads, roadsides and wildlife conservation: a review, *Nature conservation 2: the role of corridors* (eds. Saunders D.A. & Hobbs R.J.). Surrey Beatty & Sons Pty Limited. Western Australia. Pp 99-118.

Bissonette J. & Kassar C.A. (2008). Locations of Deer-vehicle Collisions are Unrelated to Traffic Volume or Posted Speed Limit. *Human-Wildlife Conflicts* 2 (1):122-130.

Boitani L., Mattei L., Nonis D. & Corsi F. (1994). Spatial and activity patterns of wild boars in Tuscany, Italy. *Journal of Mammalogy* 75: 600-612.

Bratton S.P. (1975). The effect of the European wild boar (*Sus scrofa*) on Gray Beech Forest in the Great Smokey Mountains. *Ecology* 56: 1356-1366.

Braza F., Avarez F., Geldof R. & Byloo H. (1984). Desplazamientos de ungulados silvestres a través de una zona de ecotono en Doñana. *Acta Vertebrata* 11 (2): 275-287.

Bugalho J.F., Carvalho J.S. & Borges J.F. (1984). Situation du Sanglier au Portugal. Pp. 112-121. *In* CIC. Symposium sur le Sanglier du Conseil International de la Chasse. 5-11 Juillet. Burgos (Norte de España). Doñana. *Acta Vertebrata* 15: 215-223.

Caetano M., Nunes V. & Nunes A. (2009). CORINE Land Cover 2006 for Continental Portugal. Relatório técnico. Instituto Geográfico Português.

Cancela d'Abreu A., Correia T.P. & Oliveira R. (2004). Contributos para a Identificação e Caracterização da Paisagem em Portugal Continental. Vol. IV e V. DGOTDU. Lisboa.

Cargnelutti B., Spitz F. & Valet G. (1992). Analysis of the dispersion of wild boar (*Sus scrofa*) in southern France. *In* Ongulés/Ungulates 91. Proceedings of the International Symposium 'Ongulés/Ungulates 91' (Eds. Spitz et al.). SFEPM-IRGM, Toulouse. France. 661 pp.

Carvalho F. & Mira A. (2011). Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: a case study in Mediterranean farmland. *European Journal of Wildlife Research* 57: 157-174.

Clevenger A.P., Chruszcz B. & Gunson K.E. (2003). Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* 109: 15-26.

Coffin A.W. (2007). From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of Transportation Geograpy* 15: 396-406.

Conard J.M. & Gipson P.S. (2006). Spatial and seasonal variation in wildlife – vehicle collisions. *Prairie Nat* 38 (4): 251-260.

Crooks K.R. & Sanjayan M. (2006). *Connectivity conservation*. Cambridge University Press, UK. 693 pp.

Ferreira E., Souto L., Soares A.M.V.M. & Fonseca C. (2009). Genetic structure of the wild boar population in Portugal: Evidence of a recent bottleneck. *Mammalian Biology*. 74: 263-273.

Ferreras P., Aldama J.J., Beltran J.F., Delibes M. (1992). Rates and causes of mortality in a fragmented population of Iberian lynx (*Felis pardina* Temminck, 1824). *Biological Conservation* 61: 197-202.

Fonseca C. (1997). Influence of landscape and environmental factors upon harvest rate and habitat selection of wild boar in Central Portugal. *European Journal of Wildlife Research* 2: 296-302.

Fonseca C., Sousa J., Vingada J., Cancela J. & Soares M.V.M. (2001). Monthly Birth Distribution of the Wild Boar (*Sus scrofa* L.) in Central Portugal. *Galemys* 10 (NE): 199-204.

Fonseca C. (2003). *Biologia e Gestão do Javali (Sus scrofa L.) em Portugal*. Santo Humberto 1: 21-28 (Boletim da CNCP).

Fonseca C., Santos P., Monzon A., Bento P., Alves da Silva A., Alves J., Silverio A., Soares A.M.V.M. & Petrucci-Fonseca F. (2004). Reproduction in the wild boar (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) populations of Portugal. *Galemys* 16: 53-65.

Fonseca C. (2006). Gestão das populações de javali (*Sus scrofa*) e dos seus habitats. Pp.: 109-126. In Fonseca C. (coord.). *Gestão das populações cinegéticas e dos seus Habitats*. Federação de caça e Pesca da Beira Litoral. Coimbra.

Forman R.T.T. & Alexander L.E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 209-231.

Forman R.T.T., Sperling D., Bissonette J.A., Clevenger A.P., Cutshall C.D., Dale V.H. et al. (2003). *Road ecology: science and solutions*. IslandPress. Washington. 481 pp.

Gomes L., Grilo C., Silva C. & Mira A. (2009). Identification methods and deterministic factors of owl roadkill hotspot locations in Mediterranean landscapes. *Ecological Research* 24: 355-370.

Gortázar C., Herrero J., Villafuerte R. & Marco J. (2000). Historical examination of the status of large mammals in Aragon, Spain. *Mammalia* 64: 411-422.

Grilo C., Bissonette J.A. & Santos-Reis M. (2009). Spatial–temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biological Conservation* 142: 301-313.

Groot-Bruinderink G.W.T.A. & Hazebroek E. (1996). Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology* 10: 1059-1067.

Gunson K.E., Mountrakis G., Quackenbush L.J. (2010). Spatial wildlife-vehicle collision models: A review of current work and its application to transportation mitigation projects. *Journal of Environmental Management*, doi:10.1016/j.jenvman.2010.11.027.

Hebeisen C., Fattebert J., Baubet E. & Fischer C. (2008). Estimating wild boar (*Sus scrofa*) abundance and density using capture–resights in Canton of Geneva, Switzerland. *European Journal of Wildlife Research* 54: 391-401.

IGEOE. (2011). Instituto Geográfico Português. Disponível em <http://www.igeo.pt/>, acessado a Novembro 2011.

Janeau G. & Spitz F. (1984). L'espace chez le sanglier (*Sus scrofa scrofa* L.): occupation et mode d'utilisation. *Gibier Faune Sauvage* 1:73-89.

Jones D.N. (2010). Safer, More Permeable Roads: Learning from the European Approach. Report for Brisbane City Council. Environmental Futures Centre. Griffith University, Brisbane. Qld, Australia. 65 pp.

Kolowski J.M. & Nielsen C.K. (2008). Using PenRose distance to identify potential risk of wildlife-vehicle collisions. *Biological conservation* 141: 1119-1128.

Lancia R.A., Nichols J.D. & Pollock K.H. (1994). Estimating the number of animals in wildlife populations. Pp. 215-253. In Bookhout T.A. (ed.). *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*, 5th Edition. The Wildlife Society. Bethesda.

Lopes F.J.V. & Borges J.M.F. (2004). Wild Boar in Portugal. *Galemys* 16: 243-251.

Malo J.E., Suárez F. & Díez A. (2004). Can we mitigate animal–vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology* 41: 701–710.

Marco J., Herrero J., Ecuero M.A., Fernández-Arberas O., Ferreres J., García-Serrano A., Giménez-Anaya A., Labarta J.L., Monrabal L. & Prada C. (2011). Veinte años de seguimiento poblacional de ungulados silvestres de Aragón. Pirineos. Revista de Ecología de Montaña 166: 135-153.

Massei G., Genov P.V., Staines B.W. & Gorman M.L. (1997a). Mortality of wild boar, *Sus scrofa*, in a Mediterranean area in relation to sex and age. Journal of Zoology 242: 394-400.

Massei G., Genov P.V., Staines B.W. & Gorman M.L. (1997b). Factors influencing home range and activity of wild boar (*Sus scrofa*), in a Mediterranean coastal area. Journal of Zoology 242: 411-423.

Massei G. & Genov P. (2004). The environmental impact of wild boar. Galemys 16: 135-145.

Mauget R. (1983). Home range use and its determining factors in the European wild boar (*Sus scrofa* L.). XV Congr. Int. Fauna Cinegética y Silvestre. Trujillo 1981: 315-329.

Rabanal V.J.C. (2011). Contribuciones al análisis de mortalidad de vertebrados en carreteras- Identificación de patrones en las colisiones de vehículos con jabalíes mediante mapas auto organizativos con objeto de mejorar el proceso de selección de las medidas de mitigación. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales. Universidad de Salamanca.

Ramp D., Caldwell J., Edwards K.A., Warton D. & Croft D.B. (2005). Modelling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia. Biological Conservation 126: 474-490.

Ramp D., Wilson V.K. & Croft D.B. (2006). Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. Biological Conservation 129: 348-359.

Rosell C., Fernández-Llario P. & Herrero J. (2001). El Jabalí (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758). Galemys 13 (2): 1-25.

Sáez-Royuela C. & Tellería J.L. (1983). El jabalí (*Sus scrofa* L.) en Castilla la Vieja (España). XV Congreso Internacional Fauna Cinegética y Silvestre. Trujillo 1981.

Sáez-Royuela C. & Tellería J.L. (1986). The increased population of the wild boar (*Sus scrofa* L) in Europe. *Mammal Review* 16: 97-101.

Santos P. (2002). Critérios para a gestão racional do javali, *Sus scrofa* L. 1758, em ecossistemas mediterrânicos. Dissertação de Doutoramento, ramo Ciências do Ambiente. Universidade de Évora. Évora. 313 pp.

Santos P., Mexia-de-Almeida L. & Petrucci-Fonseca F. (2004). Habitat selection by wild boar *Sus scrofa* L. in Alentejo, Portugal. *Galemys* 16: 167-184.

Santos P., Fernández-Llario P., Fonseca C., Monzón A., Bento P., Soares A.M.V.M., Mateos-Quesada P. & Petrucci-Fonseca F. (2006). Habitat and reproductive phenology of wild boar (*Sus scrofa*) in the western Iberian Peninsula. *European Journal of Wildlife Research* 52: 207-212.

Schwabe K.A. & Schuhmann P.W. (2002). Deer-vehicle collisions and deer value: an analysis of competing literatures. *Wildlife Society Bulletin* 30: 609-615.

Seiler A. (2004). Trends and spatial patterns in ungulate-collision in Sweden. *Wildlife Biology* 10: 301-313.

Seiler A. (2005). Predicting locations of moose – vehicle collision in Sweden. *Journal of Applied Ecology* 42: 371-382.

Smith-Patten B.D. & Patten M.A. (2008). Diversity, seasonality, and context of mammalian roadkills in the southern great plains. *Environmental Management* 41: 844–852.

Spellerberg I.F. (1998). Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7(3): 17-333.

Spitz F. (1986). Current state of knowledge of wild boar biology. *Pig News and Information*. Vol.7: n°2.

Trombulak S.C. & Frissell C.A. (2000). Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology* 14 (1): 18-30.

Uzal A. & Nores C. (2004). Endogenous and Exogenous constraints in the population changes of wild boar (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758). *Galemys* 16: 83-98.

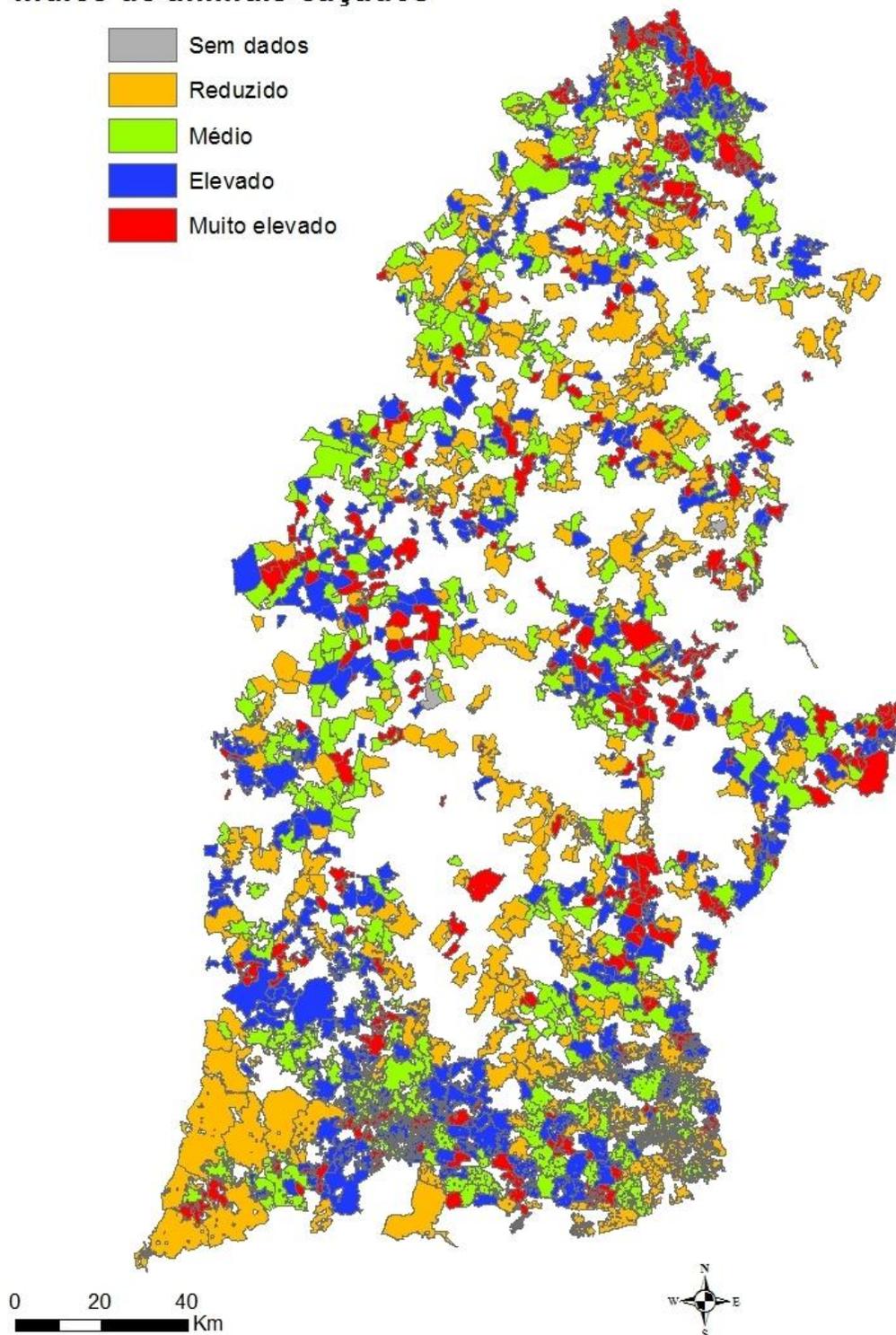
Van Wieren S.E. & Worm P.B. (2001). The use of a motorway wildlife overpass by large mammals. *Netherlands Journal of Zoology* 51 (1): 97-105.

# ANEXOS

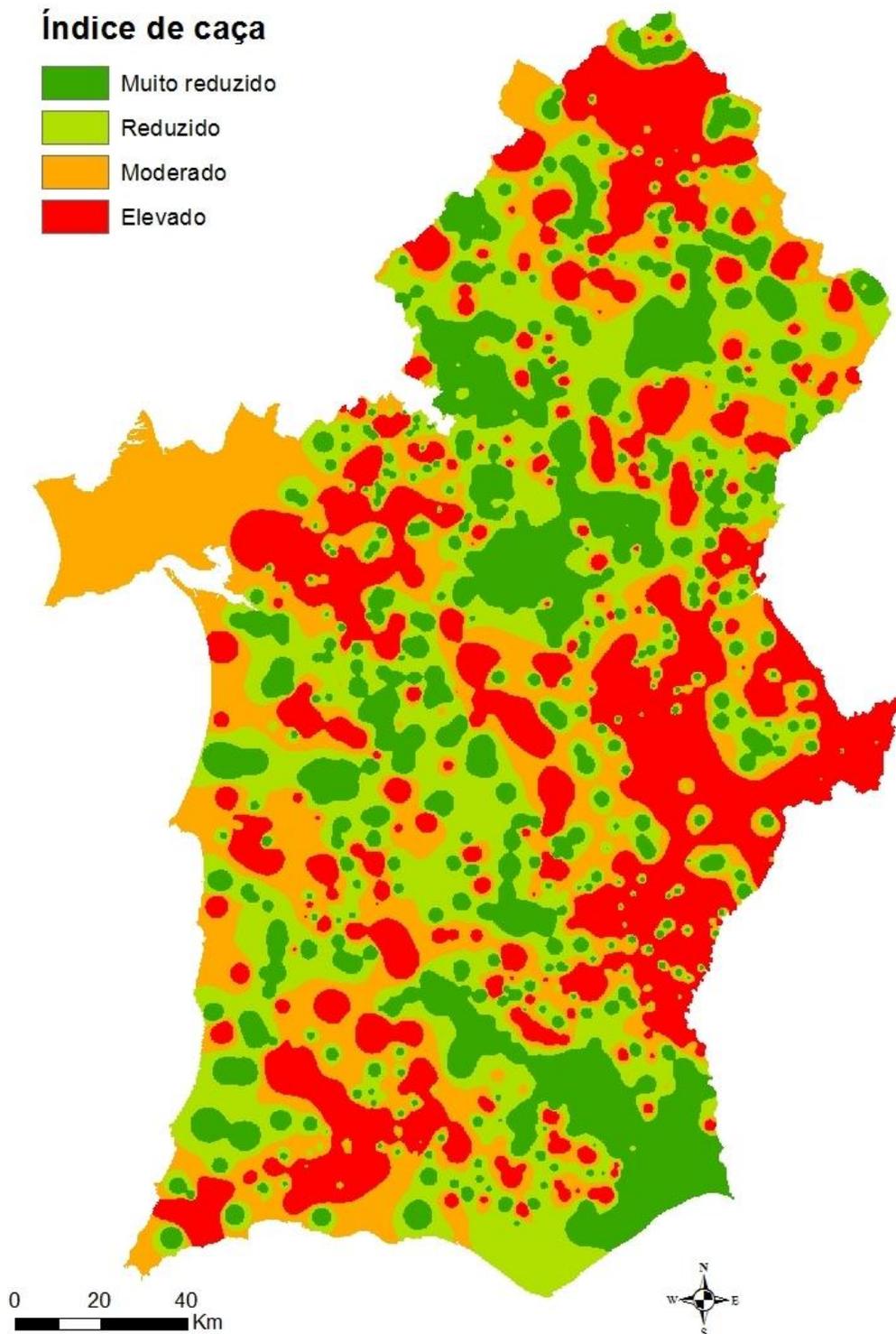
Tabela A 1 | Valores de Correlação de Spearman ( $r_s$ ) entre as várias variáveis ambientais.

	decl	mdt	prec	temp	caca	rug	riões	estradas	A	IP/IC	EM	ENR	US6	US7	US8	US9	US10	US12	US13	US1	US2	US3	US4	US5
decl	1,00	0,31	0,34	-0,03	-0,01	1,00	0,00	-0,07	-0,07	-0,05	0,02	-0,04	0,07	-0,15	0,21	0,36	0,27	0,04	-0,11	-0,10	-0,31	-0,12	-0,05	-0,01
mdt	0,31	1,00	0,47	-0,22	0,05	0,29	-0,10	-0,06	-0,13	-0,02	0,08	-0,07	-0,14	0,14	0,05	0,01	0,04	-0,07	-0,21	-0,24	0,06	-0,01	0,06	-0,02
prec	0,34	0,47	1,00	-0,29	0,06	0,34	0,03	-0,06	-0,06	-0,01	-0,04	0,00	-0,10	0,03	0,30	-0,01	0,07	-0,05	-0,13	-0,13	-0,13	-0,01	-0,04	-0,03
temp	-0,03	-0,22	-0,29	1,00	-0,02	-0,04	-0,01	0,09	0,05	0,04	0,05	0,01	0,10	-0,09	-0,13	0,04	-0,09	-0,03	0,07	0,11	-0,04	0,01	0,22	-0,02
caca	-0,01	0,05	0,06	-0,02	1,00	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	0,03	-0,03	0,00	-0,06	0,01	0,05	-0,03	0,00	0,03	-0,03	0,00	-0,02	0,02	0,04	0,04
rug	1,00	0,29	0,34	-0,04	-0,01	1,00	0,00	-0,07	-0,07	-0,05	0,02	-0,04	0,07	-0,15	0,20	0,37	0,27	0,04	-0,10	-0,09	-0,31	-0,12	-0,06	-0,01
riões	0,00	-0,10	0,03	-0,01	0,00	0,00	1,00	-0,02	-0,03	-0,01	-0,01	0,00	-0,02	0,04	0,02	-0,02	-0,02	0,13	0,19	0,01	-0,05	0,00	-0,04	0,03
estradas	-0,07	-0,06	-0,06	0,09	-0,01	-0,07	-0,02	1,00	0,31	0,16	0,42	0,47	0,15	-0,12	-0,11	-0,01	-0,05	-0,05	0,02	0,23	-0,05	0,05	0,10	-0,03
A	-0,07	-0,13	-0,06	0,05	-0,01	-0,07	-0,03	0,31	1,00	-0,05	-0,05	-0,05	0,11	-0,05	-0,04	0,01	0,01	-0,04	0,00	0,06	-0,05	0,06	-0,01	-0,03
IP/IC	-0,05	-0,02	-0,01	0,04	0,03	-0,05	-0,01	0,16	-0,05	1,00	-0,13	-0,13	-0,03	0,00	0,02	-0,05	0,01	-0,03	-0,02	0,03	0,01	-0,02	0,01	-0,01
EM	0,02	0,08	-0,04	0,05	-0,03	0,02	-0,01	0,42	-0,05	-0,13	1,00	-0,42	0,12	-0,06	-0,13	0,06	-0,02	-0,04	0,03	0,13	-0,03	0,01	0,06	-0,02
ENR	-0,04	-0,07	0,00	0,01	0,00	-0,04	0,00	0,47	-0,05	-0,13	-0,42	1,00	0,02	-0,05	0,01	-0,04	-0,05	0,02	0,00	0,09	-0,02	0,03	0,05	0,01
US6	0,07	-0,14	-0,10	0,10	-0,06	0,07	-0,02	0,15	0,11	-0,03	0,12	0,02	1,00	-0,26	-0,21	0,05	-0,10	-0,05	0,01	0,01	-0,29	-0,03	-0,09	-0,05
US7	-0,15	0,14	0,03	-0,09	0,01	-0,15	0,04	-0,12	-0,05	0,00	-0,06	-0,05	-0,26	1,00	-0,14	-0,15	-0,16	-0,02	-0,09	-0,16	-0,14	-0,07	-0,13	-0,06
US8	0,21	0,05	0,30	-0,13	0,05	0,20	0,02	-0,11	-0,04	0,02	-0,13	0,01	-0,21	-0,14	1,00	-0,12	-0,04	-0,03	-0,05	-0,12	-0,30	-0,07	-0,18	-0,05
US9	0,36	0,01	-0,01	0,04	-0,03	0,37	-0,02	-0,01	0,01	-0,05	0,06	-0,04	0,05	-0,15	-0,12	1,00	0,03	-0,03	0,00	-0,03	-0,20	-0,06	-0,06	-0,02
US10	0,27	0,04	0,07	-0,09	0,00	0,27	-0,02	-0,05	0,01	0,01	-0,02	-0,05	-0,10	-0,16	-0,04	0,03	1,00	-0,03	-0,03	-0,08	-0,22	-0,08	-0,14	-0,02
US12	0,04	-0,07	-0,05	-0,03	0,03	0,04	0,13	-0,05	-0,04	-0,03	-0,04	0,02	-0,05	-0,02	-0,03	-0,03	0,03	1,00	0,00	-0,04	-0,05	-0,02	-0,02	0,02
US13	-0,11	-0,21	-0,13	0,07	-0,03	-0,10	0,19	0,02	0,00	-0,02	0,03	0,00	0,01	-0,09	-0,05	0,00	-0,03	0,00	1,00	0,14	-0,08	-0,01	-0,03	0,05
US1	-0,10	-0,24	-0,13	0,11	0,00	-0,09	0,01	0,23	0,06	0,03	0,13	0,09	0,01	-0,16	-0,12	-0,03	-0,08	-0,04	0,14	1,00	-0,16	0,00	-0,03	0,00
US2	-0,31	0,06	-0,13	-0,04	-0,02	-0,31	-0,05	-0,05	-0,05	0,01	-0,03	-0,02	-0,29	-0,14	-0,30	-0,20	-0,22	-0,05	-0,08	-0,16	1,00	-0,06	-0,11	-0,03
US3	-0,12	-0,01	-0,01	0,01	0,02	-0,12	0,00	0,05	0,06	-0,02	0,01	0,03	-0,03	-0,07	-0,07	-0,06	-0,08	-0,02	-0,01	0,00	-0,06	1,00	0,01	-0,01
US4	-0,05	0,06	-0,04	0,22	0,04	-0,06	-0,04	0,10	-0,01	0,01	0,06	0,05	-0,09	-0,13	-0,18	-0,06	-0,14	-0,02	-0,03	-0,03	-0,11	0,01	1,00	-0,04
US5	-0,01	-0,02	-0,03	-0,02	0,04	-0,01	0,03	-0,03	-0,03	-0,01	-0,02	0,01	-0,05	-0,06	-0,05	-0,02	-0,02	0,02	0,05	0,00	-0,03	-0,01	-0,04	1,00

## Índice de animais caçados



**Figura A 1** | Índice de javalis caçados (nº animais caçados / ano / 100ha) nas áreas de caça com montarias no sul de Portugal. Sem dados: 0,00; Reduzido: 0,001-0,45; Médio: 0,46-0,84; Elevado: 0,85-1,59; Muito elevado: 1,60-21,95. Valor mínimo = 0,00, valor máximo = 21,99, média = 1,31 e desvio-padrão = 1,66.



**Figura A 2** | Raster da interpolação do índice de caça (nº animais caçados / ano / 100ha) conseguido através da distância inversa ponderada (IDW; Inverse Distance Weighted). Valores-corte agrupados com base nos quartis (valores no 25º e 75º percentil). Valor mínimo = 0,0013, valor máximo = 6,9115, média = 1,1529 e desvio-padrão = 0,4148.