

Corredores de ligação entre áreas protegidas com base num gradiente de perturbações ambientais derivado das actividades humanas

Ana Luisa Gomes

Instituto Geográfico Português – IGP,

Rua Artilharia Um, 107, Lisboa, Portugal

(luisa.gomes@igeo.pt)

Resumo

Durante os últimos séculos, com a expansão das áreas urbanas, da rede de infra-estruturas e com a intensificação da actividade agrícola e da pastorícia, assiste-se a uma progressiva fragmentação da paisagem. A perda, a degradação e a fragmentação dos *habitats* constituem as principais ameaças à sobrevivência de numerosas espécies, com a consequente redução da biodiversidade.

Para contrariar esta perda de biodiversidade, como consequência do isolamento dos *habitats*, é importante assegurar a ligação entre as áreas protegidas de forma a permitir a migração de espécies e a troca genética entre as populações dos *habitats* fragmentados. Actualmente, as emergentes alterações climáticas poderão pressionar a deslocação de espécies para fora das áreas protegidas, como resposta adaptativa à variação das condições ambientais, migração só possível sobre um território favorável.

Com este trabalho pretende-se estudar a possibilidade em identificar corredores de ligação entre as áreas protegidas com base na informação gerada pelo gradiente de perturbações ambientais. Ou seja, delinear caminhos preferenciais para as espécies selvagens sobre um território transformado num gradiente do valor representativo das ameaças derivadas da presença e actividades humanas. Aplicou-se esta metodologia a um caso de estudo específico; o PN Serra da Estrela e a RN Serra da Malcata.

Palavras chave: Corredores ecológicos; conservação da natureza; modelação geográfica.

1. Introdução

Paisagens muito humanizadas, onde a agricultura, a pastorícia e a urbanização do solo, levaram a uma fragmentação da paisagem e ao desenvolvimento de um mosaico paisagístico. Nestas condições, em que se verificaram significativas perdas em importantes *habitats* e em que as áreas com elevados valores naturais se encontram isoladas e sem conectividade, a existência de uma rede de áreas de conservação conectadas através de corredores de ligação, contribui seguramente para uma protecção mais efectiva de um grande número de *habitats* e das respectivas espécies.

O planeamento da conservação tem assumido uma abordagem estática, isto é, as áreas são seleccionadas e geridas de forma a proteger a biodiversidade de hoje ou para restabelecer a paisagem de um histórico recente [1]. Tal abordagem torna-se desadequada num ambiente em rápida mudança. Estudos recentes têm demonstrado que as áreas protegidas provavelmente não irão proteger a biodiversidade num futuro modificado pelas alterações climáticas [2]. As áreas protegidas são geograficamente estáticas e, cada vez mais, isoladas pela destruição dos *habitats* em redor são, portanto, inadequadas para proteger as espécies em deslocação devido às alterações climáticas [3].

Os estudos que têm investigado o potencial impacto da fragmentação dos *habitats* sobre os movimentos das espécies em resposta a uma mudança climática, indicam que a fragmentação vai proporcionar uma verdadeira barreira à circulação de algumas espécies [4]. Esta incapacidade das espécies em se moverem através de ambientes inóspitos irá, provavelmente, impedir expansão das suas fronteiras para fora das áreas protegidas [1]. Para tornar os sistemas de reservas mais eficazes será necessário permitir uma melhor ligação entre as áreas protegidas [5].

Assim, consideramos que, no âmbito do planeamento da conservação, são necessários estudos que apoiem a criação de cenários com propostas de localização de corredores ecológicos de ligação entre as áreas nucleares de conservação. Constituindo estruturas naturais que promovem a continuidade

espacial e a conectividade entre as áreas protegidas, componentes elementares da conservação da Natureza e da Biodiversidade, conceitos basilares de acordo com a Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade (ENCNB).

2. Metodologia

Neste trabalho de investigação aborda-se esta questão da conectividade entre áreas protegidas de forma inovadora, em vez de recorrer a dados relacionados com a presença de determinadas espécies e/ou a ocorrência de certos tipos de *habitats*, utilizou-se como informação de base um gradiente de valores que pretendem traduzir, uma aproximação simplificada, do valor real das ameaças antropogénicas para as espécies selvagens.

Para tal, foi desenvolvida uma metodologia para a modelação geográfica das perturbações ambientais derivadas das actividades humanas. Assim, com base nesta informação geográfica, criou-se uma nova superfície indicadora do grau de dificuldade do afastamento da área protegida, para as espécies mais sensíveis às actividades humanas.

Pretende-se aplicar esta metodologia para o desenvolvimento de cenários com propostas de identificação de corredores de ligação entre as áreas protegidas, com o propósito de apoiar a criação de uma verdadeira *rede* de áreas nucleares de conservação interligadas por corredores ecológicos.

Deste modo, os cenários obtidos são independentes da existência de registos de observação, o que pode ser considerado como um factor vantajoso, uma vez que segundo alguns autores os inventários existentes em Portugal são geralmente incompletos e pouco precisos [6]. No entanto, é importante salientar, a importância dos inventários na posterior validação dos resultados e como apoio aos modelos de decisão.

Os resultados obtidos na elaboração de uma representação espacial da avaliação pericial das perturbações ambientais não são absolutos, estando dependentes da

informação de base e da subjectividade inerente a um sistema pericial. No entanto, considera-se que esta abordagem contribui para uma maior transparência no processo de decisão, com a apresentação dos resultados da análise espacial associados aos critérios atribuídos pelos peritos.

2.1. Gradiente de perturbações ambientais derivadas das actividades humanas

Qualquer modelo que pretenda representar processos naturais é necessariamente uma simplificação da realidade [7]. Os modelos conceptuais são, por excelência, os modelos de descrição das aplicações SIG, na medida em que constituem uma explicitação das estruturas de informação e de processos a implementar. Por sua vez, os sistemas periciais são sistemas que resultam da modelação de conhecimentos fornecidos por um grupo de peritos. A característica específica dos sistemas periciais é a sua função mímica do sistema de pensamento de um grupo de peritos. Assim, é elaborado um conjunto de perguntas que constituem as regras de passagem do sistema pericial [8].

A metodologia desenvolvida centrou-se no objectivo da criação de um sistema pericial para a modelação geográfica das perturbações ambientais provenientes da presença e das actividades humanas. Para tal, foram identificados três grandes temas considerados representativos das ameaças à vida selvagem:

- *Presença humana*; pretende quantificar a perturbação ambiental como consequência directa da dispersão dos indivíduos na paisagem.
- *Poluição do habitat*; pretende quantificar a perturbação ambiental proveniente da degradação da paisagem, englobando as fontes poluentes lineares e pontuais.
- *Ocupação do solo*; pretende quantificar a artificialidade da paisagem, no sentido de traduzir a intervenção humana.

Cada um destes grandes temas indicadores das principais perturbações ambientais é constituído por um conjunto de variáveis espaciais que pretendem representar os diversos impactes provenientes das actividades humanas. Desta forma, estes temas podem ser representados de forma contínua no território, criando um gradiente de valores entre os respectivos extremos (Figura 1)

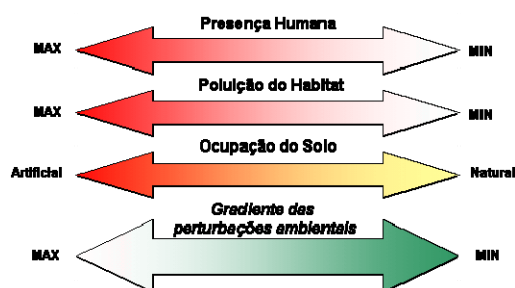


Figura 1 – Principais temas relacionados com o valor das perturbações ambientais.

Para obter uma cartografia do gradiente das perturbações ambientais mais aproximada do seu real valor, recorreu-se a um sistema pericial multi-critério, com a consulta a inúmeros peritos na área do ambiente e da conservação. O sistema pericial desenvolvido, consiste na aplicação *Wilderness* construída em *Visual Basic* (VB) sobre o ambiente SIG, de acordo com os processos metodológicos desenvolvidos no modelo conceptual para a modelação espacial das ameaças à vida selvagem. A estrutura da aplicação encontra-se dividida em conformidade com os grandes temas que aglomeram as variáveis espaciais: “*Presença Humana*”, “*Poluição do Habitat*” e “*Ocupação do Solo*”. A interface da aplicação é constituída por um conjunto de formulários que, com o intuito de facilitar a interacção entre o perito e o modelo de dados espacial, permitem ao utilizador introduzir os valores para classificação de todas as variáveis espaciais incluídas no modelo proposto. Os valores são atribuídos de acordo com a percepção individual dos impactes e das amplitudes das perturbações ambientais provenientes das actividades humanas (Figura 2).

Os principais processos de análise espacial, utilizados no cálculo da intensidade e da amplitude das perturbações ambientais, centram-se em processos de análise de vizinhança, reclassificação e álgebra de mapas. O resultado é um contínuo de valores contínuos no território que pretendem traduzir um gradiente das ameaças à vida selvagem. Assim, para cada perito resulta um único e específico modelo pericial que, com base na informação existente no modelo de dados, é composto pelas variáveis cartográficas resultantes da sua percepção dos efeitos e da propagação das perturbações ambientais.

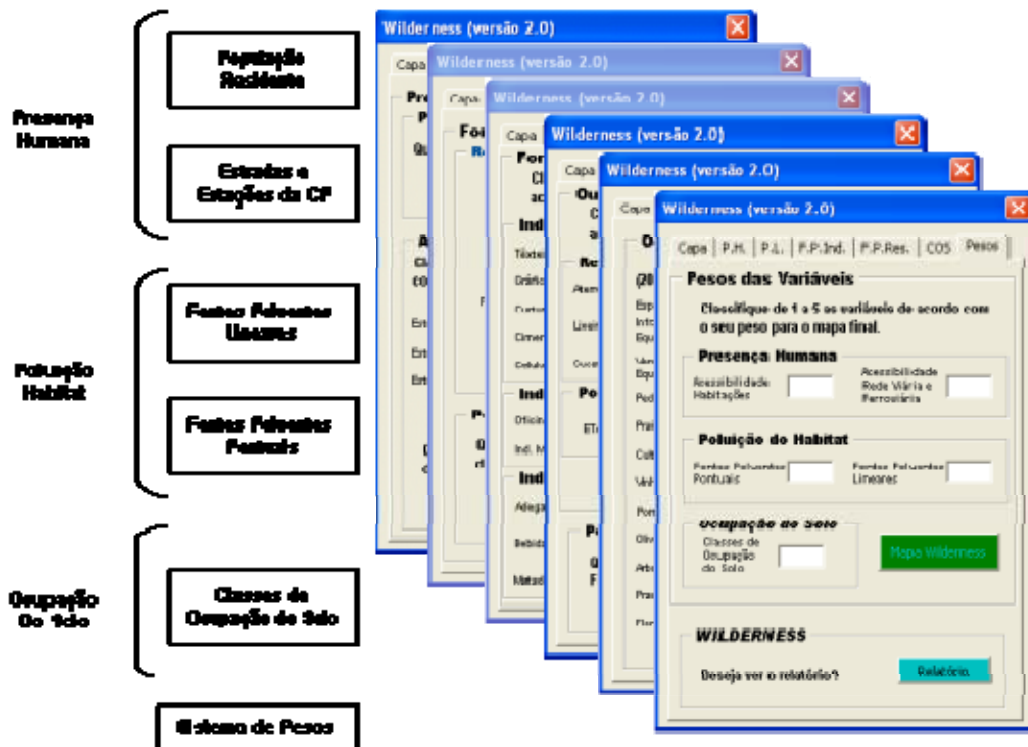


Figura 2 – Interface da aplicação Wilderness

Este método da aplicação de sistemas de suporte à decisão incorporando sistemas periciais, garante transparência no processo de decisão, com a apresentação dos resultados da análise espacial associados aos critérios atribuídos pelos peritos. Trata-se de um processo dinâmico, que permite que os peritos sejam confrontados com os resultados do seu próprio sistema de pensamento, levando-os a ter maior consciência dos seus próprios processos de formalização e a sintonizarem as suas respostas de acordo com a concepção dos fenómenos simulados.

Com o propósito de formar grupos de peritos com características mais homogéneas, foi aplicado um método de análise de agrupamento a todas as variáveis que constituem o modelo de simulação espacial das perturbações derivadas das actividades humanas, obtendo uma representação hierárquica dos modelos na forma de dendograma. Após este agrupamento, seleccionou-se o grupo considerado mais representativo, com cerca de 75% dos inquiridos, como fonte de informação para gerar o gradiente das perturbações ambientais (Figura 3).

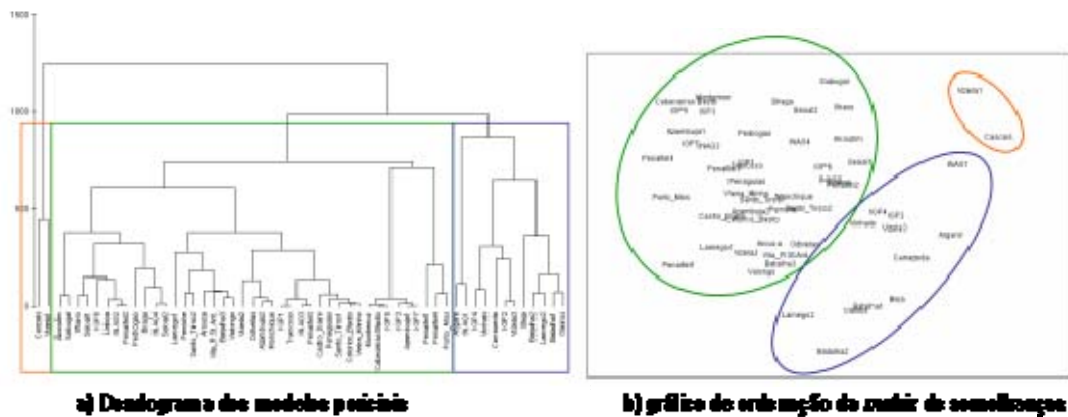


Figura 3 – Dendrograma e gráfico de ordenação dos modelos periciais.

Deste modo, o mapa obtido pela aplicação de todo este processo metodológico, consiste num conjunto de valores, contínuos no território, que traduzem uma aproximação simplificada da pressão humana, directa ou indirecta, sobre os *habitats* (Figura 4).

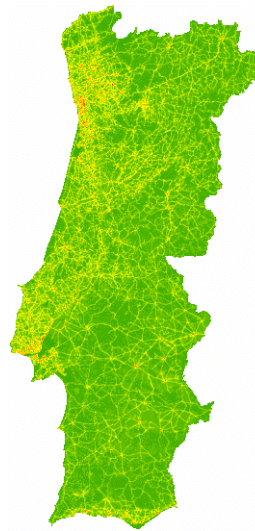


Figura 4 – Gradiente das perturbações ambientais.

Estes resultados não são absolutos, estão dependentes da subjectividade inerente a um sistema pericial. Não obstante, trata-se de uma metodologia de modelação espacial da dispersão das ameaças pelo território facilmente adaptável a novas variáveis e processos de análise espacial. Sendo baseada num processo interactivo, permite que os peritos sejam confrontados com uma avaliação dos seus critérios de avaliação, levando-os a ter maior consciência dos seus próprios processos de conceptualização e formalização de conhecimento sobre os fenómenos e variáveis consideradas.

Consideramos que o gradiente das perturbações ambientais, derivadas das actividades humanas, poderá fornecer uma ajuda efectiva na localização das áreas a conservar, assim como, na delimitação das zonas “tampão” e na definição de corredores de ligação entre áreas protegidas.

2.2. Corredores de ligação entre áreas protegidas

Durante os últimos séculos, com a expansão das áreas urbanas, da rede de infra-estruturas e com a intensificação da actividade agrícola e da pastorícia, foram progressivamente substituindo as grandes manchas de vegetação natural, assistindo-se a uma fragmentação da paisagem [9].

Numerosos estudos confirmam que uma das principais ameaças para a conservação dos ecossistemas, consiste na fragmentação e no isolamento das áreas protegidas, transformando-as em ilhas ecológicas, o que constitui uma ameaça à sobrevivência de numerosas espécies, com a consequente redução da biodiversidade. [10, 11]. Quanto maior for a fragmentação do território, menores são as manchas de habitat contínuo e maior a distância entre *habitats*; assim, as populações isoladas apresentam maiores riscos de extinção [12, 13]. Assim, a existência de corredores de ligação entre as áreas protegidas, é um factor relevante para a persistência das espécies.

Recomendações genéricas, relacionadas com a arquitectura de um sistema de reservas para a conservação, salientam a importância da conectividade entre as áreas. É importante assegurar a ligação entre as áreas protegidas para permitir a migração de espécies e a troca genética entre as populações [14]. Uma estratégia consiste em criar uma rede de reservas ligadas por corredores ecológicos, que permitam a ligação entre as populações dos *habitats* fragmentados [15, 9].

Com a constituição de uma rede de reservas pretende-se propiciar a protecção e a persistência da biodiversidade [16]. Para cumprir com estes objectivos é necessário ter em consideração, não só a representatividade das espécies a proteger, mas o tamanho das áreas protegidas e a conectividade entre elas.

Actualmente, existe outro importante factor que condiciona a persistência das espécies, as alterações climáticas. Ao longo dos últimos 100 anos, o clima da Terra tornou-se mais quente e os regimes de precipitação foram alterados [17].

Muitas espécies serão obrigadas a deslocar-se em resposta às alterações climáticas, muitos desses movimentos já foram detectados, especialmente migrações ascendentes em elevação [18]. As plantas e os animais como resposta às alterações climáticas irão mover-se dentro e fora das áreas protegidas, para percorrer o território até encontrar um habitat que seja adequado, no futuro, este será um dos maiores desafios para muitas espécies [1].

Tradicionalmente, as estratégias de gestão e da conservação da biodiversidade presumiam que a distribuições das espécies tinham uma mudança relativamente lenta, a menos que, fossem directamente afectadas pelas actividades humanas. No entanto, há um crescente consenso de que essas estratégias devem prever os impactos das alterações climáticas [17]. Deste modo, as políticas de conservação estão agora a começar a considerar uma adaptação às alterações climáticas [19].

Actualmente. Devemos esperar que as alterações climáticas conduzam algumas espécies para fora das reservas, a sua persistência só será garantida se forem capazes de se moverem entre as áreas adequadas [20]. Assim, essas espécies só se manterão se poderem colonizar novas áreas, para resolver este problema, torna-se necessário identificar corredores de conectividade entre os *habitats* adequados [21].

As alterações climáticas poderão, por conseguinte, resultar numa dinâmica da actual ocupação das espécies, o que reduz a relevância da actual localização das áreas protegidas em estratégias de conservação futuras. Estudos indicam claramente que as actuais as áreas protegidas, por si só, não serão suficientes para salvaguardar a biodiversidade dos impactos das alterações climáticas, esta perda de biodiversidade pode ser compensada pela criação de corredores que ligam as actuais áreas protegidas [3].

Com este trabalho, pretende-se identificar corredores de ligação entre as áreas protegidas sobre um território transformado num gradiente do valor das perturbações ambientais. Ou seja, delinear caminhos preferenciais para as espécies selvagens com base numa superfície que, supostamente, traduz a dificuldade acumulada em se afastarem da reserva.

Para tal, recorreu-se a funções de arrastamento (*spread*), que consistem em processos de análise espacial, associados aos modelos de dados em formato matricial, caracterizadas por acumularem valores sobre uma superfície de alastramento. Correspondem a funções de análise de conectividade que, com base em relações de propagação num cenário geográfico e dependentes da distância a determinado local, criam uma *superfície de custo*.

Nesta superfície de custo, os fenómenos de propagação estão dependentes da localização das áreas protegidas e nos valores obtidos para o contínuo de valores das perturbações ambientais. Pretende assim, traduzir o valor acumulado da dificuldade das espécies selvagens em percorrer determinada distância relativamente à origem, neste caso, as áreas protegidas (Figura 5).

Este tipo de estudos, com base no cálculo de uma superfície de custo, permite gerar cenários para apoiar a identificação de corredores de ligação entre áreas.

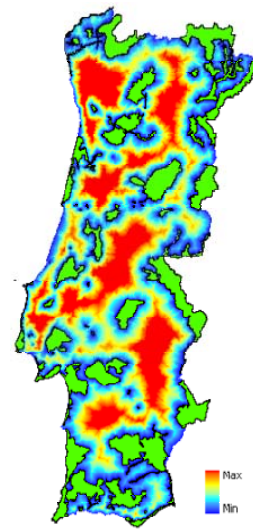


Figura 5 – Superfície de custo.

Como exemplo de aplicabilidade desta metodologia, apresentamos um caso de estudo específico, a identificação de corredores de ligação entre o PN Serra de Estrela e a RN Serra da Malcata. Neste exercício, surge a Figura 6 – c) como um indicador das áreas mais permeáveis à passagem das espécies selvagens, da qual permitiu identificar áreas de estudo preferenciais para constituir propostas de corredores de ligação entre estas áreas protegidas (Figura 6 – e)).

Estes processos promovem a continuidade espacial e a conectividade entre as componentes elementares da conservação da Natureza e da Biodiversidade, conceitos de acordo com o artigo 10 da Directiva Habitats (92/43/CEE) e com a Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade (ENCNB), a qual considera como um dos objectivos fundamentais, o estabelecimento de

corredores ecológicos com a função de salvaguardar a ligação e os fluxos génicos entre as *áreas nucleares* de conservação.

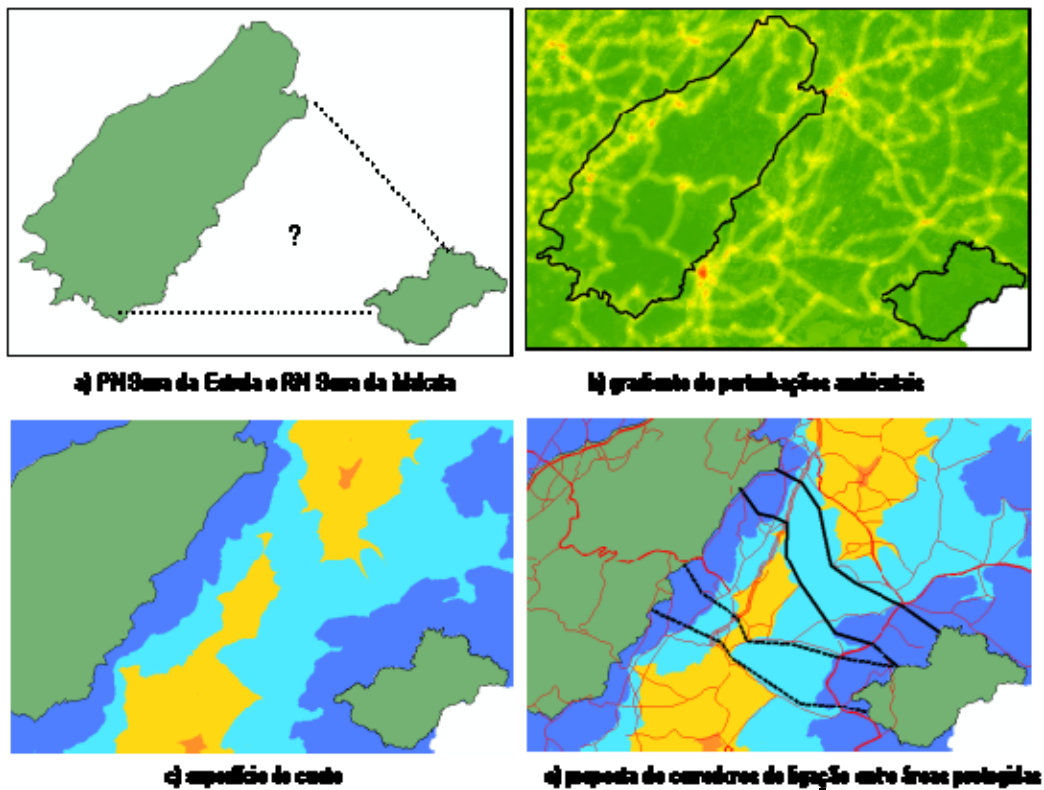


Figura 6 – Proposta de corredores de ligação entre o PN da Estrela e a RN da Malcata.

3. Considerações finais

As respostas da biodiversidade às mudanças do uso da terra e às alterações climáticas estão, cada vez mais, nas prioridades na gestão e planeamento da conservação, apoiadas pelo desenvolvimento de ferramentas geográficas que incorporam previsões dessas alterações [3, 22].

Actualmente, as alterações climáticas representam um desafio para a abordagem convencional da conservação da biodiversidade, que assenta em áreas protegidas fixas, porque com as alterações climáticas é esperado um desvio na distribuição das áreas adequadas para muitas espécies [21]. Os actuais níveis de modificação e fragmentação dos *habitats* reduzem, ainda mais, a capacidade da maioria das espécies para dispersar sobre o território [23].

Assim, para a persistência de algumas espécies estas necessitam de se deslocarem para novas áreas adequadas, o que poderá ser um desafio impossível para muitas delas. Em outras palavras, a actual rede de reservas não é adequada para estas espécies, a menos sejam capazes de se moverem sobre um território favorável [20].

O trabalho desenvolvido centrou-se no propósito de elaboração de cenários com propostas de localização de corredores de ligação entre áreas protegidas, com base na representação espacial de uma avaliação de perturbações ambientais, directas ou indirectas, provenientes das actividades humanas. Partindo do pressuposto de que a superfície de custo, gerada com o gradiente das perturbações ambientais, representa um conjunto de valores contínuos no território, que traduzem uma aproximação simplificada do valor real das ameaças para as espécies selvagens.

Perante o trabalho desenvolvido surgem diversas questões, quer relativamente aos processos metodológicos desenvolvidos quer ao contexto da sua aplicabilidade, questões que poderão ser alvo de desenvolvimentos futuros. Não obstante, os resultados obtidos constituem cenários de partida para o desenvolvimento de novos estudos que apoiem a identificação de territórios favoráveis para a localização de corredores de ligação entre as áreas protegidas, tais como:

- Relacionar os resultados obtidos com a vegetação natural, o tipo de *habitats* e as espécies inventariadas.
- Avaliar as zonas de conflito e os pontos críticos. Pontos onde a conectividade pode, de alguma forma, estar comprometida, quer por actividades humanas ou pela existência de infra-estruturas. Definir as medidas mitigadoras adequadas a aplicar nestes pontos críticos
- Elaborar planos de gestão e ordenamento para os corredores ecológicos, com os objectivos e as medidas necessárias para assegurar a conectividade, incluindo as prioridades de actuação.

A aplicabilidade deste tipo de aproximação metodológica, poderá sempre ser discutível em virtude do carácter eminentemente pericial e subjectivo das avaliações efectuadas. No entanto, considera-se que se trata sobretudo de uma abordagem inovadora que poderá ter uma contribuição significativa para uma melhor conectividade entre as áreas protegidas, com o intuito de constituir uma verdadeira rede para a conservação da vida selvagem.

Referências bibliográficas

- [1] Lawler J. & Mathias, M. (2007) Climate Change and the Future of Biodiversity in Washington. Report prepared for the Washington Biodiversity Council.
- [2] Bengtsson, J., Angelstam, P. & Elmqvist, T. (2003) Reserves, resilience and dynamic landscapes. *Ambio*, **32**, 389-396.
- [3] Hannah, L., Midgley, G., Anelman, S., Araújo, M.B., Hughes, G., Martinez-Meyer, E., Pearson, R. & Williams, P. (2007) Protected area needs in a changing climate. *Frontiers Ecol. Environ.*, **5(3)**, 131–138.
- [4] Opdam, P., & Wascher, D. (2004) Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. *Biological Conservation*. **117**, 285
- [5] Araújo, M. B. & New, M. (2007) Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution*, **22**, 42-47.
- [6] Lobo, J. & Martin-Piera, F. (2002) Searching for a predictive model for species richness of Iberian Dung Beetle based on spatial and environmental variables. *Conservation Biology*, **16**, 158-173.
- [7] Salafsky, N., Margoluis, R., Redford, K. & Robinson, J. (2002) Improving the practice of conservation: A conceptual framework and research agenda for conservation science. *Conservation Biology*, **16**, 1469-1479.
- [8] Neves, N. (1996). Aplicação de sistemas de informação geográfica ao planeamento municipal: Desenvolvimento de modelos de simulação e decisão. Tese de Doutoramento, Faculdade de Geografia e História, Universidade de Barcelona.
- [9] Bruinderink, G., Van Der Sluis, T., Lammertsma, D., Opdam, P. & Pouwels, R. (2003). Designing a coherent ecological network for large mammals in Northwestern Europe. *Conservation Biology*, **17**, 549-557.
- [10] Hendee, J.C. & Dawson, C.P. (2001) Stewardship to address the threats to wilderness resources and values. *International Journal of Wilderness*, **7:3**, 4-9.
- [11] Dawson, C.P. & Thorndike, P. (2002) State-designated wilderness programs in the United States. *International Journal of Wilderness*, **8:3**, 21-26.
- [12] Mackey, B., Lesslie, R., Lindenmayer, D., Nix, H. & Incoll, R. (1998) The role of wilderness in nature conservation. *Australian and World Heritage Group*. Environment Austrália. 89p.
- [13] Main, M.B., Roka, F.M. & Noss, R.F. (1999) Evaluating cost of conservation. *Conservation Biology*, **13**, 1262-1272.
- [14] Rouget, M., Cowling, R., Pressey, R. & Richardson, D. (2003) Identifying spatial components of ecological and evolutionary processes for regional conservation planning in the Cape Foristic Region, South Africa. *Diversity and Distributions*, **9**, 191-210.
- [15] Olson, D.M. (2002) Conservation biology for the biodiversity crisis. *Conservation Biology*, **16**, 1-3.

- [16] Rodrigues, A. & Gaston, K. (2001) How large do reserve networks need to be? *Ecology Letters*, **4**, 602-609.
- [17] Araújo, M.B. & Rahbek, C. (2006) How Does Climate Change Affect Biodiversity? *SCIENCE*, **313**, 1396-1397.
- [18] Parmesan, C. (2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **37**:637-669.
- [19] Thuiller, W., Albert, C., Araújo, M.B., Berry, P., Cabeza, M., Guisan, A., Hickler, T., Midgley, G., Paterson, J., Schurr, F., Sykes, M. & Zimmermann, N (2007) Predicting global change impacts on plant species' distributions: Future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*.8.
- [20] Araújo, M.B., Cabezas, M., Thuiller, W., Hannah, L., & Williams, P. (2004) Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology* **10**, 1618–1626.
- [21] Williams, P., Hannah, L., Andelman, S., Midgley, G., Araújo, M., Hughes, G., Manne, L., Martinez-Meyer, E., & Pearson, R. (2005) Planning for Climate Change: Identifying Minimum-Dispersal Corridors for the Cape Proteaceae. *Conservation Biology*, **19**, 1063-1074.
- [22] Pressey, R.L., Cabeza, M., Watts, M.E., Cowling, R.M., Wilson, K.A. (2007) Conservation planning in a changing world. *Trends in Ecology & Evolution*, **22**, 583-592.
- [23] Collingham, Y.C., Huntley, B. (2000) Impacts of habitat fragmentation and patch size upon migration rates. *Ecol. Appl.* **10**, 131–144.