

Apenas Comunicação Oral	<input checked="" type="checkbox"/>	Apenas Poster	<input type="checkbox"/>	Comunicação Oral ou Poster	<input type="checkbox"/>
-------------------------	-------------------------------------	---------------	--------------------------	----------------------------	--------------------------

(Assinalar com X a opção de submissão desejada)

SUSCEPTIBILIDADE À INVASÃO POR *ACACIA DEALBATA* MILL. NA BACIA DO RIO MONDEGO: PROPOSTA METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE EM ÁREAS EXTENSAS

Jorge Pereira (1)
Albano Figueiredo (2)

- (1) Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica (MTIG – FLUC/FCTUC); Colégio de S. Jerónimo, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra; E-mail: Jormi93@gmail.com
- (2) Departamento de Geografia / Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT); Colégio de S. Jerónimo, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra; E-mail: geofiguc@gmail.com

RESUMO

Os processos de invasão estão identificados como uma das ameaças mais importantes à escala global. Tendo em conta a importância desta ameaça, desenvolve-se um esforço dedicado à monitorização do estado de invasão e susceptibilidade territorial, informação necessária à definição de medidas que permitam mitigar os impactes associados a estes processos. Neste contexto, este artigo pretende apresentar os resultados preliminares relacionados com a preparação de uma proposta metodológica dirigida à avaliação da susceptibilidade à invasão por organismos exóticos em territórios extensos. Este ensaio baseia-se na estratégia de projecção espacial de um modelo que apresente bom desempenho para uma área reduzida do território. A criação deste modelo suporta-se na utilização de um método de modelação baseado no princípio da máxima entropia, um método identificado como um dos mais robustos no âmbito de modelação preditiva de base correlativa. A selecção do modelo para projecção baseia-se nos resultados de *Area Under the Curve* (AUC) obtidos para diferentes modelos produzidos, calibrados com base em diferentes parametrizações e validados com informação independente. Este ensaio tem por referência a espécie exótica *Acacia dealbata* Mill., considerada uma das espécies exóticas invasoras com maior área ocupada no território continental português.

A calibração tem por base o contexto da bacia do rio Ceira, e a projecção é feita para a bacia hidrográfica do rio Mondego. Em termos de resultados, apesar de os modelos apresentarem bom desempenho, a sua natureza correlativa limita a sua capacidade para produzir projecções precisas para áreas cujas condições ecológicas não estão presentes na área que serviu de base à calibração do modelo de referência. Para reduzir a influência deste problema nos resultados, propõe-se a realização de uma nova etapa de validação de resultados, que contemple não só áreas que apresentam condições fora do gradiente ecológico utilizado na calibração, mas também áreas com diferentes graus de probabilidade, no sentido de avaliar a robustez do modelo.

1. INTRODUÇÃO

A modelação geográfica e a análise espacial, bem como as respectivas tecnologias de suporte (SIG, Detecção Remota, etc.), desempenham actualmente um papel muito importante no apoio à decisão. Decisão que frequentemente está baseada em previsões que projectam temporal ou espacialmente dinâmicas ou processos. Este é o caso da modelação preditiva, que, fruto do aparecimento de ferramentas estatísticas com maiores potencialidades, desenvolvimento frenético de ferramentas SIG, e maior disponibilidade

de bases de dados ou facilidade na sua obtenção, registou um aumento exponencial em termos de domínios de aplicação [1] [2]. Um dos campos em que a modelação preditiva tem sido aplicada é na avaliação da susceptibilidade dos territórios à invasão por organismos exóticos [3] [4], um tema que se tem imposto pelos efeitos negativos que os processos de invasão têm e poderão ter no futuro próximo [5], assumindo-se como uma das principais ameaças ao equilíbrio dos ecossistemas.

A introdução de organismos exóticos, um processo ligado às actividades humanas que pode assumir carácter voluntário ou involuntário, está actualmente favorecido pela intensificação das trocas comerciais à escala global, bem como pela mobilidade de pessoas a um ritmo sem precedentes [6] [7]. Ainda que o número de organismos exóticos introduzidos que assumem um comportamento invasor seja modesto [8], as suas consequências actuais e previstas são muito significativas [9].

Uma espécie invasora é “uma espécie naturalizada que produz descendentes férteis frequentemente em grande quantidade e os dispersa muito para além da planta mãe, com potencial para ocupar áreas extensas, em habitats naturais ou seminaturais” [10] [11], produzindo grandes alterações nos ecossistemas onde se inserem. Atributos como o rápido crescimento, elevada produção de propágulos viáveis, rápida reacção a agentes de perturbação (fogo), boas competidoras de recursos, são inerentes à definição do conceito de espécies invasoras. Dada a amplitude dos problemas decorrentes dos processos de invasão (economia, saúde pública, disponibilidade de água, biodiversidade, etc), é necessário derivar planos de acção, principalmente na área da prevenção. Estes passam necessariamente por uma avaliação da susceptibilidade dos territórios à invasão de determinados organismos exóticos já presentes, no sentido de permitir a definição de medidas que permitam implementar um sistema de bloqueio ao avanço da invasão.

No sentido de contribuir para esta proposta metodológica, este trabalho propõe-se avaliar a utilidade da avaliação da susceptibilidade territorial à invasão baseada em processos de projecção espacial, com o objectivo de afinar metodologias que permitam esta avaliação em áreas extensas.

1.1 Contextualização da temática

Os fenómenos da natureza e os processos com eles relacionados são demasiados complexos para que permitam a construção de modelos absolutamente rigorosos. Na natureza nada é linear. Desta forma, a incerteza é necessariamente inerente a qualquer processo de modelação espacial que procure duplicar o funcionamento dos sistemas naturais. Outros factores concorrem para a incerteza normalmente associada aos resultados de modelação. No caso da modelação preditiva, além da subjectividade inerente a algumas tomadas de decisão, como a utilização de limiares para o processo de binarização de resultados [12], a variabilidade de resultados associada à utilização de diferentes métodos de modelação é entendida como um factor de incerteza, embora seja possível controlar este problema através da combinação de resultados [13].

É então imperioso avaliar os resultados devolvidos pelo modelo que parece responder de uma forma mais eficaz aos objectivos e necessidades do problema, uma vez “Essencialmente, todos os modelos estão errados, mas alguns são úteis” [14].

1.2 Ecologia da espécie

A espécie *Acacia dealbata* Mill. (*Fabaceae*), é uma espécie exótica com ampla área de distribuição no território continental e arquipélago da Madeira. Trata-se de uma árvore que pode atingir os 15 metros, folhas perenes, recompostas (2-12 cm de comprimento), com flores de cor amarelo vivo, reunidas em capítulos (5-6mm), formando grandes panículas e vagens castanho-avermelhadas bastante compridas. As sementes têm um funículo curto e esbranquiçado. A sua área de distribuição nativa é referente ao Sudeste Australiano e Tasmânia. [10] [11]

Introduzida em Portugal com fins ornamentais, para fixação dos solos e como espécie florestal, a sua reconhecida capacidade colonizadora está assente na elevada produção de propágulos, que permanecem viáveis no solo (banco de sementes) durante muitos anos, e a sua germinação é estimulada pelo fogo (pirófito), rebentando vigorosamente da touça e da raiz. Forma povoamentos muito densos, impedido o desenvolvimento da vegetação nativa, diminuindo o fluxo de linhas de água e aumentando a erosão dos

solos. A decomposição das suas folhas nos solos (húmus) é rica em azoto, o que promove a alteração química dos solos. Tem efeitos alelopáticos (influência de um indivíduo sobre o outro, seja prejudicando ou favorecendo). Estes factores estão sempre associados a competitividade de espaço, impedindo o desenvolvimento de outras espécies [15].

Em termos de condições ecológicas óptimas prefere terrenos frescos dos vales, zonas montanhosas e margens de cursos de água e de vias de comunicação. Invade principalmente depois da ocorrência de incêndios florestais ou outra qualquer perturbação do ecossistema (estímulo). [10] [11]

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Processo de modelação

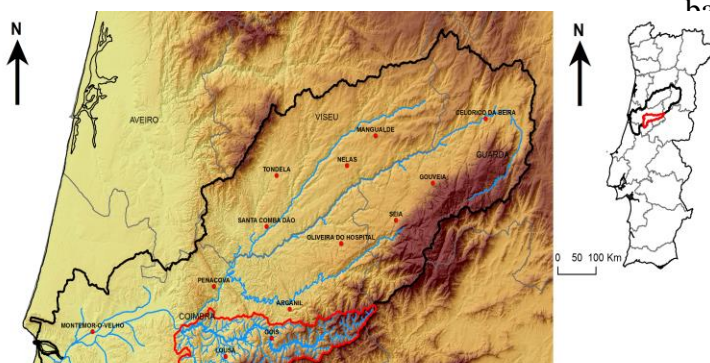
A projecção afigura-se como uma estratégia metodológica alternativa face à necessidade de avaliar a adequação de novas condições ecológicas (projecção ecológica: cenários de mudança climática) ou das condições ecológicas vigentes noutro território (projecção espacial), permitindo assim avaliar a dinâmica de um organismo em áreas onde o mesmo ainda não se encontra, ou cuja ocorrência é desconhecida.

A utilização do processo de projecção espacial neste trabalho prende-se com a necessidade de se produzir modelos preditivos dedicados à avaliação da susceptibilidade à invasão por organismos invasores em áreas extensas. Neste sentido, numa primeira fase produz-se uma série de modelos para uma área geograficamente mais reduzida, sendo seleccionado o que apresenta melhor desempenho. Neste exercício tem-se por referência a bacia do rio Ceira, um dos principais afluentes do rio Mondego (Figura 1). As relações identificadas neste modelo, entre a distribuição dos organismos e as condições ecológicas presentes, são projectadas para uma área mais extensa, neste caso a bacia do rio Mondego (Figura 1), de forma a identificar as áreas de maior susceptibilidade de ocorrência da espécie.

Figura 1¹ – Posição geográfica da bacia do rio Ceira em relação à bacia do rio Mondego.

A produção de resultados teve por base um método de modelação baseado no princípio de máxima entropia, método identificado como um dos mais robustos no âmbito da modelação preditiva baseada no conceito de nicho ecológico [16], e baseou-se na utilização do software *freeware* MAXENT (versão 3.3.3). As previsões criadas por este método de modelação partem de uma correlação entre as presenças da espécie e as variáveis explicativas seleccionadas (Figura 2). Todas as tarefas associadas à preparação das variáveis e recolha de ocorrências (fotointerpretação) basearam-se em software livre e/ou de código aberto QGIS (SLCA QGIS). Como tal, todo o *background* e apoio, necessariamente fundamental e imperioso para a realização de processos de modelação foi realizado com recurso somente ao software SLCA,

¹ . Por motivos de legibilidade, discriminam-se em rodapé as legendas das figuras. **Figura 1** - Em temas de linhas e polígonos: a vermelho a delimitação da bacia hidrográfica do rio Ceira, a preto a delimitação da bacia do rio Mondego, a cinza o limite dos municípios, a azul a rede hidrográfica da bacia do rio Ceira e da bacia do rio Mondego. Em temas de pontos: a vermelho as sedes de concelho da bacia do rio Ceira e do rio Mondego.



sendo que o processo de modelação em si, foi realizado no software MAXENT, como referido anteriormente.

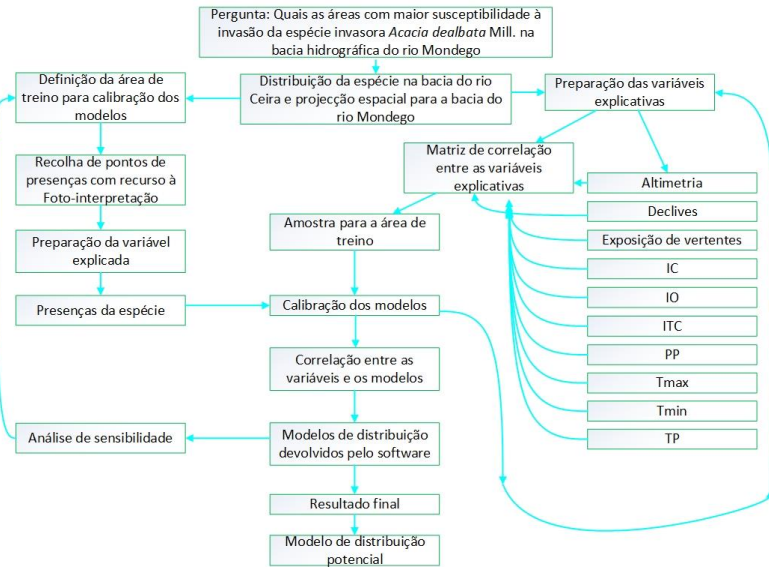


Figura 2 – Operacionalização do processo de modelação em ambiente SIG

2.2 Dados de calibração dos modelos

Os dados de ocorrência da espécie *Acacia dealbata* Mill. para a bacia do rio foram obtidas por meio de fotointerpretação (4131 pontos), tendo por base uma grelha de referência com resolução 200x200m para a bacia do rio Ceira (Figura 3). A validação das ocorrências recolhidas foi feita em campo para um total de 20% das células da grelha. Esta validação baseou-se na recolha de pontos em campo com recurso ao GPS diferencial (647 pontos).

Estes pontos recolhidos em campo foram posteriormente utilizados como amostra independente para validar os resultados de alguns modelos. Isto porque, como estratégia para se produzir modelos com a melhor performance, foram produzidos 30 modelos com diferentes parametrizações.

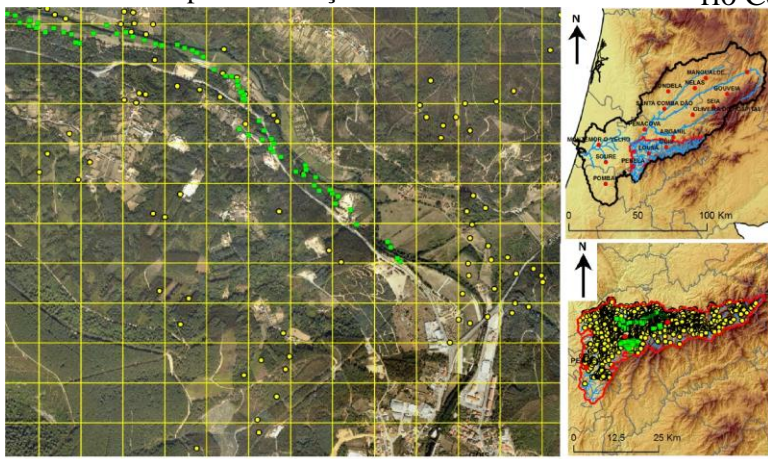


Figura 3² – Localização dos pontos de ocorrências da espécie recolhidos por fotointerpretação e pontos de validação em campo.

Além das diferentes combinações de variáveis, os modelos produzidos numa primeira fase distinguiam-se pelas seguintes opções de calibração: i) modelos calibrados com 70% das ocorrências conhecidas, sendo os restantes 30% seleccionados aleatoriamente para validar os resultados, ii) modelos calibrados com todas as ocorrências conhecidas e validado com uma amostra independente (pontos recolhidos em campo para validação das ocorrências recolhidas com base em ortos).

2.3 Variáveis preditivas

Para o processo de modelação foram seleccionadas as variáveis ambientais que apresentavam uma maior contribuição para a explicação da distribuição da espécie *Acacia dealbata* Mill. Numa primeira fase foi avaliada a correlação entre as variáveis, com base no coeficiente de correlação de Spearman. Com base nos resultados da correlação eliminaram-se todas as

² . **Figura 3** – Em temas de linhas e polígonos: a preto a delimitação da bacia do rio Mondego, a vermelho a delimitação da bacia do rio Ceira, a cinza o limite dos concelhos, a preto a grelha regular de 200 x 200 metros e a rede hidrográfica da bacia do rio Ceira e do Mondego. Em temas de pontos: a vermelho as ocorrências de concelho, a amarelo os pontos de ocorrência da espécie marcados por fotointerpretação e a verde os pontos de validação em campo da espécie.

variáveis com correlação significativa. Com base na técnica de *Jackknifing*, procedeu-se a uma nova selecção de variáveis, no sentido de seleccionar as que evidenciavam melhor potencial preditor.

As variáveis seleccionadas são IC (Índice de continentalidade simples), ITC (Índice de termicidade compensado), IO (Índice ombrotérmico anual), a TP (Temperatura positiva anual), a Tmax (Temperatura média do mês mais quente do ano), a Tmin (Temperatura média do mês mais frio do ano), a PP (Precipitação positiva anual), distância às linhas de água. Foram excluídas as variáveis altitude, declive e exposição por apresentarem uma forte correlação positiva entre si e entre as variáveis bioclimáticas, o que permite reduzir o enviesamento de resultados associados a problemas relacionados com a autocorrelação espacial das variáveis [17]. A resolução espacial das variáveis foi de 200x200 metros, o que corresponde à mesma resolução espacial utilizada para recolha dos pontos de presença em ambiente digital ou em campo.

2.4 Avaliação dos modelos

A avaliação dos resultados dos modelos é uma das fases mais críticas na modelação preditiva, com alguma frequência se reduz a avaliação do desempenho dos modelos aos valores obtidos nalgumas medidas utilizadas na avaliação da capacidade dos modelos para discriminar as condições adequadas/não adequadas à ocorrência de determinado organismo. Resultados esses, nem sempre convergentes com a análise de especialistas no organismo a modelar [18]. Neste exercício a avaliação do desempenho dos modelos produzidos baseia-se na utilização da medida AUC da curva ROC (Area Under the Curve of the Receiver Operating Characteristic), de forma a evitar a interferência com os limiares de corte utilizados no processo de binarização dos resultados. Apesar da sua robustez, não está, no entanto, imune a algum enviesamento em função das características do organismo a modelar [19].

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Em termos de desempenho, verificou-se alguma variabilidade dos valores de AUC entre os diferentes modelos em função das parametrizações utilizadas. O

modelo com melhor desempenho (modelo 11) obtido durante o processo de calibração, e utilizado no processo de projecção espacial, obteve um valor de AUC de 0.868 (Tabela 1), tendo como diferença em termos de parametrizações a utilização de um ficheiro independente para validação dos resultados e a remoção da variável “distância às linhas de água”, variável que reduz normalmente a performance dos modelos.

Tabela 1 – Resultados das medidas de precisão para os diferentes modelos.

Modelos	AUC	Modelos	AUC
1	0,719	16*	0,562
2	0,719	17*	0,849
3	0,707	18*	0,794
4	0,718	19*	0,828
5	0,704	20*	0,858
6	0,696	21**	0,737
7	0,682	22**	0,736
8	0,672	23**	0,722
9	0,672	24**	0,735
10	0,718	25**	0,719
11*	0,868	26**	0,709
12*	0,858	27**	0,693
13*	0,858	28**	0,686
14*	0,858	29**	0,682
15*	0,841	30**	0,736

* Modelo cujo processo de avaliação de resultados se baseou na utilização de um ficheiro independente.

** Modelo cujo processo de avaliação de resultados se baseou na utilização de um ficheiro com todas as ocorrências, sendo que 30% serviram para validação do modelo.

0.562 (Tabela 1), valor explicado pela utilização de variáveis altamente correlacionadas (variáveis derivadas da hipsometria) e da utilização da variável “distância às linhas de água”. Já o modelo resultante do processo de projecção espacial, ainda que baseado no melhor modelo originado durante a calibração, apresenta um desempenho pouco satisfatório, com um valor de AUC de 0.702. Para este valor de AUC, apenas considerado como boa capacidade discriminatória contribuem vários factores: i) o facto de o gradiente ecológico da área de calibração ser mais reduzido que o da área utilizada na projecção, ii) pelo facto de se tratar de um organismo exótico, que não está em equilíbrio com as condições ambientais do nosso território sendo ela nativa do Sudeste Australiano e da Tasmânia, apresentando assim um comportamento invasor em Portugal.

Apesar das limitações deste modelo, é possível identificar quais as áreas com condições adequadas à ocorrência do organismo (Figura 4). Como as áreas

que são identificadas como pouco adequadas à ocorrência (Figura 4) coincidem com as áreas onde o modelo apresenta maior incerteza nos resultados (Figura 5), como são o caso da região da Figueira da Foz, Maciço, marginal de Coimbra e principalmente do Parque Natural da Serra da Estrela, pode ser agora implementado um processo de validação em campo, o que reduz de forma substancial o tempo dedicado à recolha de informação de ocorrências para avaliação da susceptibilidade à invasão.

Nota que nas áreas, referidas anteriormente, os *scores* onde o modelo apresenta maior incerteza são explicados por nessas áreas não existirem as mesmas condições ecológicas do modelo de calibração utilizado como referência (bacia do rio Ceira). A bacia hidrográfica do rio Ceira, não regista altitude tão baixas quanto aquelas que existem na Figueira da Foz, nem valores de altitude tão elevados quanto a que são registados no Parque Natural da Serra da Estrela. Essa diferença de gradiente ecológico entre a área de calibração e a área utilizada na projeção reflecte-se naturalmente na amplitude ecológica de variáveis bioclimáticas e na sua capacidade de explicar a distribuição potencial da espécie.

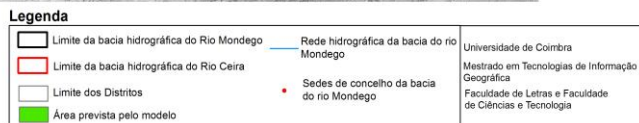
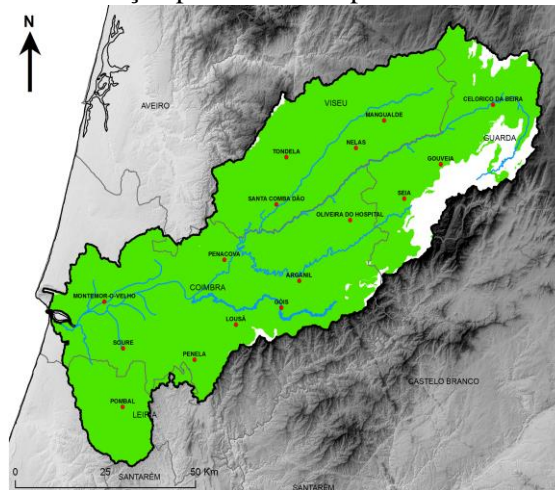


Figura 4³ – Proposta de um modelo da distribuição potencial da espécie invasora *Acacia dealbata* Mill. na bacia hidrográfica do rio Mondego

³ . **Figura 4** – Em temas de linhas e polígonos: a preto a delimitação da bacia do rio

A análise da projecção espacial (Figura 5) permite verificar isso mesmo, que as áreas identificadas como não adequadas à ocorrência correspondem às áreas de maior altitude da bacia hidrográfica do rio Mondego, que como referido anteriormente decalca quase na perfeição principalmente a região do Parque Natural da Estrela.

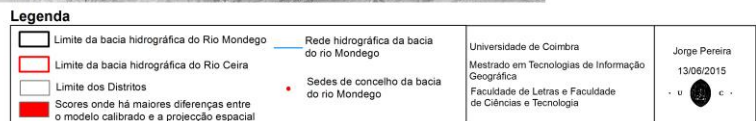
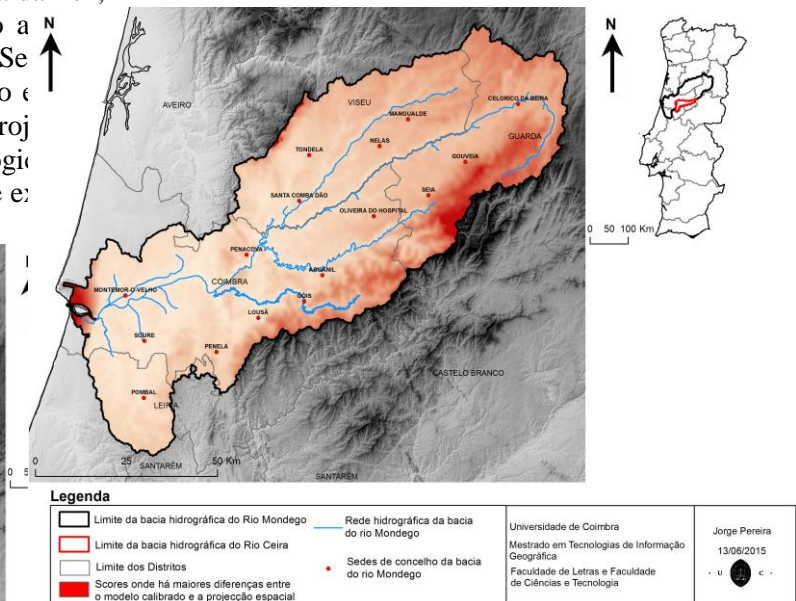


Figura 5⁴ – Valores de incerteza do modelo de projecção espacial especializados.

Figura 5⁴ – Em temas de linhas e polígonos: a preto a delimitação da bacia do rio Mondego, a vermelho a delimitação da bacia do rio Ceira, a cinza o limite dos distritos, a verde a distribuição potencial prevista pelo modelo, a azul a rede hidrográfica do rio Mondego. Em temas de pontos: a vermelho as sedes de concelho da bacia do rio Mondego.

Figura 5 – Em temas de linhas e polígonos: a preto a delimitação da bacia do rio Mondego, a cinza o limite dos distritos, a vermelho, primeiramente a delimitação da bacia

4. CONCLUSÕES

Apenas são apresentadas algumas observações que garantem a adequabilidade da proposta metodológica apresentada e que nos propusemos realizar, e cuja discussão, por ser demasiado complexa, de análise exaustiva e necessariamente mais extensa, não se adequa à moldura algo restrita deste documento.

Como foi referido ao longo de todo o trabalho, esta proposta metodológica foi operada em ambiente SIG, utilizando SLCA. De acordo com os resultados apresentados e que resultam na apresentação de uma proposta metodológica, podemos verificar que o SLCA executa na perfeição, como era esperado, as tarefas que se exigem de um software SIG Desktop para a operacionalização de tarefas de geoprocessamento e de alguns processos de base ecológica, nomeadamente na preparação das variáveis para a realização do mesmo. Nota que não foi utilizada para este trabalho, mas para trabalhos futuros que seguramente nos comprometemos a realizar no campo da modelação ecológica, poderia ter sido utilizada e integrada em ambiente SIG a ferramenta *open source Marine Geospatial Ecology Tools* (MGET) para a operacionalização da modelação ecológica em ambiente SIG. Mas como foi referido, optou-se por utilizar o SLCA como apoio, dito desde já como muito robusto, à operacionalização do processo de modelação ecológica, realizado no software MAXENT.

Apesar de os modelos apresentarem um bom desempenho, a sua natureza correlativa limita a sua capacidade para produzir projecções precisas para áreas cujas condições ecológicas não estão presentes na área que serviu de base à calibração do modelo de referência. Apesar desta falha, os resultados, além de permitirem, num trabalho futuro, direccionar o processo de monitorização/validação para áreas em que o nível de incerteza é maior, permitem para já

do rio Ceira e por outro lado os valores ou *scores* onde os valores de incerteza do modelo são mais elevados e a azul a rede hidrográfica do rio Mondego. Em temas de pontos: a vermelho as sedes de concelho da bacia do rio Mondego.

identificar áreas com condições adequadas à ocorrência do organismo em causa. Assim, os resultados permitem apresentar esta aproximação metodológica como válida para reduzir o esforço de recolha de ocorrências em áreas extensas, ainda que tenha que ser desenvolvido em várias etapas. Assim, numa fase posterior, proceder-se-á à validação em campo dos resultados do modelo de projecção espacial, com maior foco nas áreas sem condições adequadas para a ocorrência e com elevados valores de incerteza em termos de previsão. Com os novos dados recolhidos será produzido um novo modelo, cuja calibração integrará todas as ocorrências conhecidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Guisan A., Zimmermann, N. (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135 (2-3): 147-186.
- [2] Araújo M., Guisan, A. (2006) Five (o so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 33 (10): 1677-1688.
- [3] Thuiller W., Richardson D., Pysek P., Midgley G., Hughes G., Rouget M. (2005) Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. *Global Change Biology*, 11 (12): 2234-2250.
- [4] Vicente J., Randin C., Gonçalves J., Metzger M., Lomba Â., Honrado J., Guisan A. (2011) Where will conflicts between alien and rare species occur after climate and land-use change? A test with a novel combined modelling approach. *Biological Invasions*, 13 (5): 1209-1227.
- [5] Pimentel D. (2002) *Biological invasions. Economic and environmental costs of alien plant, animal and microbe species*. 382 p. New York.
- [6] García-Berthou E., Ballesteros E., Sanz-Elorza M. (2008) Múltiples orígenes y vías de introducción de las especies invasoras. In: Vilà M., Valladares F., Traveset A., Santamaría L., Castro P. (eds.), A test with a novel combined modelling approach. *Biological Invasions, Invasiones biológicas*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid: 29-40.
- [7] Vilà M., Castro P., García-Berthou E. (2008) Qué son las invasiones biológicas. In: Vilà M., Valladares F., Traveset A., Santamaría L., Castro P. (eds.), *Invasiones Biológicas*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid: 21-28.
- [8] Williamson M., Fitter A (1996) The characters of successful invaders. *Biological Conservation*, 78 (1-2): 163-170.
- [9] Sala O., Chapin F., Armesto J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L., Jackson R., Kinzig A., Leemans R., Lodge D., Mooney H., Oesterheld

- M., Poff N., Sykes M., Walker B., Walker M., Wall D. (1996) Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287 (5459): 1770-1774.
- [10] Marchante E., Freitas H., Marchante H. (2008) Guia prático para identificação de plantas invasoras em Portugal. 183p. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- [11] Marchante H., Morais M., Freitas H., Marchante E. (2014) Guia prático para identificação de plantas invasoras em Portugal. 207p. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- [12] Liu C., Berry P., Dawson T., Pearson R. (2005) Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28 (3): 385-393.
- [13] Araújo M., New M. (2007) Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution*, 22 (1): 42-47.
- [14] Rocha J. (2012) Sistemas complexos, modelação e geosimulação de evolução de padrões de uso e ocupação do solo. 987p. Dissertação de Doutoramento apresentada à Universidade de Lisboa
- [15] Richardson D., Pysek P., Rejmánek M., Panetta D., Carol W. (2010) Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6: 93-102.
- [16] Elith J., Graham C., Anderson R., Dudík M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R., Huettmann F., Leathwick J., Lehmann, A., Li J., Lohmann G., Loiselle A., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., Overton J., Peterson A., Phillips S., Richardson K., Scachetti-Pereira R., Schapire R., Soberon J., Williams S., Wisz M. and Zimmermann N. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29 (2): 129-151.
- [17] Dormann C., McPherson J., Araújo M., Bivand R., Bollinger J., Carl G., Davies R., Hirzel A., Jetz W., Kissling D., Kuhn I., Ohlemuller R., Perez-Neto P., Reineking B., Schroder B., Schurr F and Wilson F. (2007) Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography, Diversity and Distributions*, 6: 93-102.
- [18] Figueiredo A. (2008) Desempenho de um modelo de máxima entropia na previsão da distribuição do endemismo *Euphorbia piscatoria* na Ilha da Madeira. *Cadernos de Geografia*, 26/27: 351-359.
- [19] Lobo J., Jimenez-Valverde A., Real R. (2008) AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*, 17 (2): 145-151.