



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA** Escola Superior Agrária

# **Avaliação da adequação de sistemas de áreas de conservação nacionais à conservação da diversidade de espécies em Portugal Continental e no Estado do Paraná, Brasil**

**Edmar dos Santos**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental*

Orientado por:

**João Carlos Martins Azevedo**

**Edivando Vitor do Couto**

**Bragança**

**2019**



# **Avaliação da adequação de sistemas de áreas de conservação nacionais à conservação da diversidade de espécies em Portugal Continental e no Estado do Paraná, Brasil**

**Edmar dos Santos**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do  
Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental no âmbito da dupla diplomação com a  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.*

Orientado por:

**João Carlos Martins Azevedo**

**Edivando Vitor do Couto**

**Bragança**

**2019**



## AGRADECIMENTOS

Os cinco anos que se passaram, sobretudo esse último, foram frutos de crescimento pessoal e acadêmico e de grandes amizades. Por isso, meus agradecimentos se expandem a todos aqueles que participaram e contribuíram para minha formação.

Agradeço ao Professor Doutor João Carlos Martins Azevedo pelos conhecimentos transmitidos, paciência, dedicação e valiosa orientação para a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Edivando Vitor do Couto por todo apoio e incentivo prestados, além das oportunidades para que eu aprimorasse meus conhecimentos em *softwares* de Sistemas de Informação Geográfica.

Ao Instituto Politécnico de Bragança e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná por proporcionarem, por meio do acordo de Dupla-Diplomação, a realização deste trabalho.

Agradeço a todos da minha família, em especial, aos meus pais, Edgard e Neusa, por todo amor, apoio e incentivo dedicados a mim, vocês foram muito importantes em todo meu período acadêmico, à minha irmã, Adriana, que contribuiu para que eu viesse estudar no exterior e que, mesmo longe, continua me ajudando e, não menos importante, às minhas outras irmãs, Fabiana e Márcia, por todo amor, confiança e incentivo que depositam em mim.

Por fim, a todos os meus amigos de Colômbia, Campo Mourão e Bragança, em especial, Aline e João Gris, por terem contribuído para o desenvolvimento e melhora deste trabalho.



## RESUMO

Este estudo pretende contribuir para a avaliação da distribuição e dimensionamento atual das áreas de conservação em Portugal e no Paraná (Brasil) com base na distribuição espacial de espécies da fauna e flora, bem como identificar áreas que possam complementar os atuais sistemas de áreas de conservação nos dois territórios, utilizando para o efeito o *software* Marxan. Inicialmente, foram compilados dados da distribuição espacial das espécies da fauna e flora, bem como das áreas de conservação de Portugal e do Paraná. Com base nos dados das espécies, definiram-se no *software* Marxan as áreas de conservação que otimizaram um conjunto de critérios que incluem os custos, o perímetro compartilhado entre as unidades de planejamento (UPs) selecionadas (multiplicado por um parâmetro pré-definido para controlar o nível de fragmentação) e as penalizações por não representar adequadamente os alvos de conservação de acordo com metas definidas. Estas áreas foram posteriormente comparadas com a distribuição espacial das áreas de conservação existentes. Os parâmetros de entrada do programa Marxan foram definidos de acordo com os valores padrão do Manual do Usuário do Marxan e valores publicados na literatura. Os resultados revelam que os sistemas de conservação das áreas de estudos não são eficazes para a conservação das espécies em relação às metas de conservação determinadas, salvo para a proteção do grupo dos anfíbios em Portugal Continental. Por outro lado, geralmente as melhores soluções do Marxan abrigam uma quantidade maior de espécies e ocupam uma área territorial razoável comparada à área dos sistemas de conservação existentes e às dimensões das áreas de estudo. Contudo, nem sempre todas as espécies são representadas nos conjuntos de melhores soluções de áreas de conservação. Por fim, pode-se considerar que o *software* Marxan apresenta soluções eficazes e que pode servir de apoio aos tomadores de decisão para melhorar a situação atual dos sistemas de conservação da natureza.

**Palavras-chave:** Seleção de reservas; Planejamento sistemático; Áreas protegidas; Marxan.



## ABSTRACT

This study aims to contribute to the assessment of the current distribution and sizing of conservation areas in Portugal and Paraná (Brazil) based on the spatial distribution of fauna and flora species, as well as to identify areas that may complement the current conservation areas systems in both territories, using the Marxan software for this purpose. Initially, data on the spatial distribution of fauna and flora species as well of conservation areas of Portugal and Paraná were compiled. Based on the species data, conservation areas have been defined in the Marxan software because they have optimized a set of criteria including costs, the perimeter shared between the selected planning units (PUs) (multiplied by a predefined parameter to control the level of fragmentation) and penalties for not adequately representing the conservation targets in accordance with defined goals. These areas were later compared with the spatial distribution of existing conservation areas of the study areas. The input parameters of the Marxan program were set according to the default values of Marxan User Manual and values published in the literature. The results show that the conservation systems of the study areas are not effective for the conservation of the species in relation to the determined conservation goals, except for the protection of the amphibian groups in Continental Portugal. On the other hand, Marxan's best solutions generally protect a larger number of species and occupy a reasonable territorial area compared to the area of existing conservation systems and the dimensions of the study areas. However, not all species are always represented in the best solutions of conservation areas. Finally, it can be considered that Marxan software offers effective solutions and can support decision makers in improving the current state of nature conservation systems.

**Keywords:** Reserve selection; Systematic planning; Protected area; Marxan.



## ÍNDICE

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 SISTEMAS DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DA BIODIVERSIDADE</b> 3	
2.1 SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS CLASSIFICADAS DE PORTUGAL .....	3
2.2 SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO BRASIL ..	4
2.3 CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS DE CONSERVAÇÃO .....	6
2.4 PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE CONSERVAÇÃO .....	8
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	11
3.1 ÁREAS DE ESTUDO .....	11
3.1.1 Portugal .....	11
3.1.2 Estado do Paraná (Brasil).....	13
3.2 DADOS DE ÁREAS DE CONSERVAÇÃO E ESPÉCIES .....	14
3.2.1 Formato dos ficheiros.....	14
3.2.2 Ficheiros das áreas de conservação .....	15
3.2.3 Ficheiros das espécies da fauna e flora .....	15
3.3 MARXAN.....	16
3.4 CENÁRIOS DAS SOLUÇÕES.....	19
3.5 ORGANIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MARXAN.....	19
3.5.1 Dados de entrada .....	19
3.5.2 Custos e metas de conservação .....	22
3.5.3 <i>Status</i> de conservação das unidades de planeamento.....	23
3.6 EXECUÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	23
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	26
4.1 ANÁLISE DA ADEQUAÇÃO DAS ÁREAS CLASSIFICADAS DE PORTUGAL CONTINENTAL .....	26
4.1.1 Grupos dos anfíbios.....	26
4.1.2 Grupo dos répteis .....	29
4.1.3 Grupo das aves .....	32
4.1.4 Grupo da flora .....	36
4.1.5 Todos os grupos de espécies .....	40
4.1.6 Síntese para Portugal Continental .....	44

4.2 ANÁLISE DA ADEQUAÇÃO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL .....	46
4.2.1 Grupo dos anfíbios .....	46
4.2.2 Grupo dos répteis .....	49
4.2.3 Grupo dos mamíferos .....	52
4.2.4 Grupo da flora .....	56
4.2.5 Todos os grupos de espécies .....	58
4.2.6 Síntese para o Estado do Paraná.....	61
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema síntese da metodologia definida e aplicada neste trabalho.....	11
Figura 2 - Áreas classificadas de Portugal Continental.....	13
Figura 3 - Unidades de conservação do Estado do Paraná, Brasil. ....	14
Figura 4 - Fluxo de processos de computação convencional seguido no <i>software</i> Marxan: entrada de dados e definição de parâmetros, análise e resultados obtidos. ....	16
Figura 5 - Relação entre perímetro e área das soluções do Marxan para diferentes valores de MPRs .....	20
Figura 6 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo dos anfíbios definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. À esquerda de cada cenário, sobreposição entre as soluções e a RNAP. À direita, sobreposição entre as soluções e a Rede Natura 2000.....	26
Figura 7 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às áreas classificadas de Portugal Continental para o grupo dos anfíbios. ....	27
Figura 8 - Relação do número de espécies do grupo dos anfíbios e das melhores soluções definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	28
Figura 9 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo dos répteis definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. À esquerda de cada cenário, sobreposição entre as soluções e a RNAP. À direita, sobreposição entre as soluções e a Rede Natura 2000.....	29
Figura 10 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às áreas classificadas de Portugal Continental para o grupo dos répteis. ....	30
Figura 11 - Relação do número de espécies do grupo dos répteis e das melhores soluções definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	32
Figura 12 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo das aves definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. À	

esquerda de cada cenário, sobreposição entre as soluções e a RNAP. À direita, sobreposição entre as soluções e a Rede Natura 2000.....	33
Figura 13 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às áreas classificadas de Portugal Continental para o grupo das aves. ....	34
Figura 14 - Relação do número de espécies do grupo das aves e das melhores soluções definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	36
Figura 15 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo da flora definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o status de conservação fixado em 0. À esquerda de cada cenário, sobreposição entre as soluções e a RNAP. À direita, sobreposição entre as soluções e a Rede Natura 2000.....	37
Figura 16 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às áreas classificadas de Portugal Continental para o grupo da flora. ....	38
Figura 17 - Relação do número de espécies do grupo da flora e das melhores soluções definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	40
Figura 18 - Melhores soluções de áreas de conservação para todos os grupo de espécies definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. À esquerda de cada cenário, sobreposição entre as soluções e a RNAP. À direita, sobreposição entre as soluções e a Rede Natura 2000.....	41
Figura 19 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às áreas classificadas de Portugal Continental para todos os grupos de espécies.....	42
Figura 20 - Relação do número de espécies de todos os grupos e das melhores soluções definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	44
Figura 21 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo dos anfíbios definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	46

Figura 22 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às UCs do Estado do Paraná, Brasil, para o grupo dos anfíbios. ....	47
Figura 23 - Relação do número de espécies do grupo dos anfíbios e das melhores soluções definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	48
Figura 24 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo dos répteis definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o <i>status</i> de conservação fixado em 0....	50
Figura 25 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às UCs do Estado do Paraná, Brasil, para o grupo dos répteis. ....	51
Figura 26 - Relação do número de espécies do grupo dos répteis e das melhores soluções definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil. ....	52
Figura 27 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo dos mamíferos definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	53
Figura 28 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às UCs do Estado do Paraná, Brasil, para o grupo dos mamíferos. ....	54
Figura 29 - Relação do número de espécies do grupo dos mamíferos e das melhores soluções definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	55
Figura 30 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo da flora definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o <i>status</i> de conservação fixado em 0....	56
Figura 31 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às UCs do Estado do Paraná, Brasil, para o grupo da flora. ....	57
Figura 32 - Relação do número de espécies do grupo da flora e das melhores soluções definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	58

Figura 33 - Melhores soluções de áreas de conservação para todos os grupos de espécies definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	59
Figura 34 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às UCs do Estado do Paraná, Brasil, para todos os grupos de espécies.....	60
Figura 35 - Relação do número de espécies de todos os grupos de espécies e das melhores soluções definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o <i>status</i> de conservação fixado em 0. ....	61

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de MPRs definidos para os Cenário 1 e 2.....	20
Tabela 2 - Número de espécies do grupo dos répteis protegidas conforme a meta de conservação pelas áreas classificadas de Portugal Continental e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o <i>status</i> de conservação fixado em 2 .....	31
Tabela 3 - Número de espécies do grupo das aves protegidas conforme a meta de conservação pelas áreas classificadas de Portugal Continental e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o <i>status</i> de conservação fixado em 2 .....	35
Tabela 4 - Número de espécies do grupo da flora protegidas conforme a meta de conservação pelas áreas classificadas de Portugal Continental e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o <i>status</i> de conservação fixado em 2 .....	39
Tabela 5 - Número de espécies de todos os grupos protegidas conforme a meta de conservação pelas áreas classificadas de Portugal Continental e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o <i>status</i> de conservação fixado em 2 .....	43
Tabela 6 - Número de espécies do grupo dos anfíbios protegidas conforme a meta de conservação pelas UCs do Estado do Paraná, Brasil, e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o <i>status</i> de conservação fixado em 2.....	48
Tabela 7 - Número de espécies do grupo dos répteis protegidas conforme a meta de conservação pelas UCs do Estado do Paraná, Brasil, e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o <i>status</i> de conservação fixado em 2.....	51
Tabela 8 - Número de espécies do grupo dos mamíferos protegidas conforme a meta de conservação pelas UCs do Estado do Paraná, Brasil, e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o <i>status</i> de conservação fixado em 2.....	54
Tabela 9 - Número de espécies do grupo da flora protegidas conforme a meta de conservação pelas UCs do Estado do Paraná, Brasil, e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o <i>status</i> de conservação fixado em 2.....	57

Tabela 10 - Número de espécies de todos os grupos protegidas pelas UCs do Estado do Paraná, Brasil, e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o *status* de conservação fixado em 2 .....60



## 1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas, sobretudo para a expansão de áreas urbanas e agropastoris, têm mudado de maneira drástica os ecossistemas naturais em escala local, regional e global. Por consequência, essas mudanças têm colocado em risco várias espécies da fauna e flora e contribuído para o declínio da biodiversidade (Hooper *et al.*, 2005). Em função disso, um dos maiores objetivos para mudar o estado atual da biodiversidade é proteger as espécies e a diversidade genética em sistemas de áreas de conservação da natureza (Carvalho *et al.*, 2017).

Além dos benefícios ecológicos, os sistemas de áreas de conservação da natureza promovem diversas melhorias de cunho social e económico nos locais em que são implantados, que devem ser disseminados para fortalecer e atrair o apoio necessário para sua criação (Dudley & Stolton, 2010). Dentre os benefícios, destacam-se: turismo em paisagens protegidas; produção de medicamentos e cosméticos a partir de espécies protegidas; mitigação de problemas ambientais como a emissão de CO<sub>2</sub>, erosão e compactação do solo; disponibilidade de água potável etc. (Medeiros *et al.* 2011).

Sendo assim, tratados internacionais como a Convenção sobre a Diversidade Biológica (CBD, 1992) são muito importantes nos dias de hoje. Os países signatários que consentiram com os objetivos da Convenção sobre a Diversidade Biológica devem destinar pelo menos 17% de suas áreas terrestres para a proteção das espécies até o ano de 2020. No entanto, poucos são os países que se preocupam em preservar adequadamente os seus recursos naturais. Segundo Watson *et al.* (2014), muitos governantes deixam de tomar novas decisões para implantação e ampliação de áreas de conservação para manter o que já protegem, ao passo que diminuem os recursos naturais de maneira encoberta ou oculta, permitindo o uso incompatível das áreas protegidas.

Nesse sentido, é necessário promover ações de planejamento, implantação e ampliação de áreas destinadas à conservação da natureza. Além disso, ter estudos como base que justifiquem a implantação dessas áreas garante economia de recursos financeiros e evita ameaças para a conservação da biodiversidade (Possingham *et al.*, 2006). Para o sucesso dessas ações, é de grande importância compreender a natureza física e cultural dos ecossistemas, além de seu histórico e situação atual. Dessa forma, é possível avaliar os problemas que os sistemas de preservação atuais enfrentam com os espaços

socioculturais e económicos (Aguiar *et al.*, 2016) e direcionar políticas para gestão ambiental eficazes (Abdalla & Cruz, 2015).

Dado à problemática exposta e à importância das áreas de conservação, o presente estudo tem como objetivo avaliar a adequação dos sistemas de áreas de conservação da natureza de Portugal Continental e do Estado do Paraná, Brasil, com base na distribuição espacial das espécies da fauna e flora, utilizando, para o efeito, o *software* Marxan. O estudo pretende contribuir para uma avaliação da distribuição e dimensionamento atual dos sistemas de áreas de conservação nos dois territórios e identificar unidades territoriais que possam complementar os referidos sistemas.

O trabalho está estruturado em cinco capítulos. No Capítulo dois são descritas as áreas classificadas de Portugal e as unidades de conservação do Brasil, suas tipologias e processos criação, bem como uma síntese sobre o Planejamento Sistemático de Conservação e os resultados da aplicação do Marxan na literatura. Em seguida, no Capítulo três, é apresentado a metodologia definida e aplicada neste trabalho. No Capítulo quatro são apresentados os resultados obtidos para cada grupo de espécie e para todos os grupos juntos em Portugal Continental e no Estado do Paraná, Brasil, e uma síntese dos resultados em cada área de estudo. Por fim, no Capítulo cinco, são apresentadas as conclusões.

## **2 SISTEMAS DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DA BIODIVERSIDADE**

Antes de discorrer sobre esse assunto, é importante esclarecer que a denominação e classificação de áreas de conservação difere entre países. No caso de Portugal e do Brasil, as designações correspondem a sistemas nacionais de classificação e gestão de áreas com objetivos de conservação da natureza e da biodiversidade. Nas seções seguintes serão descritos o Sistema Nacional de Áreas Classificadas (SNAC) em Portugal e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) no Brasil.

### **2.1 SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS CLASSIFICADAS DE PORTUGAL**

O Sistema Nacional de Áreas Classificadas (SNAC) compreende a Rede Nacional de Áreas Protegidas (RNAP), as áreas classificadas integradas na Rede Natura 2000 e outras áreas classificadas a partir de compromissos internacionais assumidos pelo Estado Português. Essas áreas têm como objetivo salvaguardar a ligação e o intercâmbio genético de populações da fauna e flora, contribuindo para uma adequada proteção dos recursos naturais e promoção da continuidade espacial, além de garantir uma adequada integração e desenvolvimento das atividades humanas. Em relação às categorias e tipologias, as áreas protegidas da RNAP classificam-se em seis tipos: Parque Nacional, Parque Natural, Reserva Natural, Paisagem Protegida, Monumento Natural e Área Protegida Privada (Portugal, Decreto-Lei n.º 142/2008; ICNF, 2018e):

- Parque Nacional: área com amostras representativas de regiões naturais características, de paisagens naturais e humanizadas, de elementos de biodiversidade e de geossítios, com valor ecológico ou educativo;
- Parque Natural: área com ecossistemas predominantemente naturais ou seminaturais, que no longo prazo depende de atividades humanas para preservação da biodiversidade para garantir o fluxo sustentável de produtos naturais e de serviços;
- Reserva Natural: área com características ecológicas, geológicas e fisiográficas, ou outro tipo de valor científico, ecológico ou educativo, e que não se encontre habitada de forma permanente ou significativa;

- Paisagem Protegida: área com paisagens resultantes da interação harmoniosa do ser humano e da natureza, e que evidenciem grande valor estético, ecológico ou cultural;
- Monumento Natural: ocorrência natural contendo um ou mais aspectos que, pela sua singularidade, raridade ou representatividade em termos ecológicos, estéticos, científicos e culturais, exigem a sua conservação e a manutenção da sua integridade;
- Área Protegida Privada: áreas de propriedades privadas que tenham a ocorrência de valores naturais raros, com valor científico, ecológico, social ou cénico, além de relevância especial que exija medidas específicas de conservação e gestão.

Independente da tipologia da área de proteção, em casos de delimitação exclusiva em águas marítimas sob jurisdição nacional, deve-se acrescentar a expressão “marinha” à referida tipologia (Portugal, Decreto-Lei n.º 142/2008).

A Rede Natura 2000 é um instrumento de política europeia (União Europeia), resultante da aplicação da Diretiva n.º 79/409/CEE (Diretiva Aves de 2 de abril de 1979 e revogada pela Diretiva 2009/147/CE, relativa à conservação das aves selvagens) e da Diretiva n.º 92/43/CEE (Diretiva Habitats de 21 de maio de 1992, com alterações da Diretiva n.º 97/62/CE, relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e flora selvagens). O seu objetivo é estabelecer uma rede de núcleos de reprodução e descanso para as espécies e habitats mais raros e ameaçados nos países que compreendem a União Europeia. Existem duas classificações para as áreas da Rede Natura 2000: Zonas de Proteção Especial (ZPE) e Zonas Especial de Conservação (ZEC). As ZPEs são estabelecidas ao abrigo da Diretiva Aves, ao passo que as ZECs são criadas ao abrigo da Diretiva Habitats (Portugal, Decreto-Lei n.º 142/2008; European Commission, 2018; ICNF, 2018c).

## 2.2 SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO BRASIL

Conforme definido na Lei n.º 9.985 (Brasil, 2000), que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), as unidades de conservação (UC) são espaços

territoriais com representação significativa de fauna e flora, que integram habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, legalmente instituído pelo Poder Público, com o objetivo de preservar o patrimônio biológico existente.

Para atender aos objetivos do SNUC, as UCs são divididas em dois grupos com diferentes particularidades: Proteção Integral e Uso Sustentável. As unidades de Proteção Integral visam a preservação da natureza e admitem o uso indireto dos recursos naturais, de forma restrita. As unidades de Uso Sustentável, por sua vez, compatibilizam a conservação da natureza e a exploração dos recursos naturais de maneira sustentável (Brasil, 2000).

O grupo de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias:

- Estação Ecológica: tem a finalidade de preservação da natureza e realização de pesquisas científicas. A visitação pública só é permitida por motivos educacionais, de acordo com o que dispuser o Plano de Manejo da unidade;
- Reserva Biológica: unidade com objetivo de preservação integral da biota e dos demais atributos naturais dentro de seu limite, cuja interferência humana ou modificações ambientais só podem ocorrer em casos de medidas para recuperar e preservar o equilíbrio natural;
- Parque Nacional: tem o objetivo de preservar ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica. É permitido a realização de pesquisas científicas e atividades de educação e interpretação ambiental;
- Monumento Natural: o objetivo desse tipo de unidade é preservar sítios raros ou de grande beleza cênica. A visitação pública está sujeita às condições e restrições do Plano de Manejo;
- Refúgio de Vida Silvestre: tem a finalidade de proteger ambientes naturais que assegurem condições de sobrevivência e reprodução de espécies da flora local e da fauna residente ou migratória.

O grupo de Uso Sustentável, por outro lado, é representado pelas seguintes UCs:

- Área de Proteção Ambiental: apresenta atributos bióticos, abióticos, estéticos ou culturais importantes para a qualidade de vida e bem-estar da população, além de garantir a proteção da diversidade biológica e disciplinar o uso e ocupação do solo e dos recursos naturais de maneira sustentável;

- Área de Relevante Interesse Ecológico: área com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota local ou regional, com pouca ou nenhuma ocupação humana;
- Floresta Nacional: unidade com cobertura florestal predominantemente nativa, com o objetivo de uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas;
- Reserva Extrativista: área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo, agricultura e animais de pequeno porte;
- Reserva de Fauna: área com populações de animais nativos, terrestres ou aquáticos, residentes ou migratórios, adequados para estudos técnico-científicos sobre o manejo económico sustentável de recursos faunísticos;
- Reserva de Desenvolvimento Sustentável: reserva que abriga populações tradicionais que exploram os recursos naturais de maneira sustentável, assegurando a proteção da natureza e manutenção da diversidade biológica;
- Reserva Particular do Patrimônio Natural: dentre todas as unidades de conservação, é a unidade que é exclusivamente de propriedade privada, com objetivo de conservar a diversidade biológica.

### 2.3 CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS DE CONSERVAÇÃO

Segundo o Decreto-Lei n.º 142/2008 de 24 de julho (Portugal, 2008), o processo de classificação das áreas de protegidas de Portugal pode ser proposto pela autoridade nacional ou quaisquer entidades públicas ou privadas, designadamente autarquias locais e associações em defesa do ambiente. Para definir essas áreas, é importante que os seguintes requisitos sejam cumpridos:

- a) Caracterização da área sob aspectos geológicos, geográficos, biofísicos, paisagísticos e socioeconómicos;
- b) Justificação da necessidade de classificar a área para conservação da natureza, o que inclui uma avaliação científica qualitativa e quantitativa do património natural existentes e razões que impõem a sua conservação e proteção;

- c) Definição da tipologia mais adequada aos objetivos de conservação visados.

Em relação às Áreas Protegidas Privadas, a designação é feita a pedido do proprietário, mediante um processo especial de candidatura que é regulado pela Portaria n.º 1181/2009 de 7 de outubro. Na sequência, ocorre o reconhecimento da área protegida pela autoridade nacional. Os terrenos que forem classificados como Área Protegidas Privadas integram a RNAP e ficam sujeitos ao Planos de Ordenamento e Gestão que for acordado pela autoridade nacional. Os Planos de Ordenamento e Gestão de Áreas Protegidas estabelecem a política de salvaguarda e conservação que se pretende instituir em cada área protegida da RNAP (ICNF, 2018e).

No caso da Rede Natura 2000, a seleção e delimitação das áreas classificadas ao abrigo da Diretiva Aves e Diretiva Habitat ocorre de maneiras distintas. Para a Diretiva Aves, inicialmente os Estados-Membros listam propostas de áreas para conservar e a Comissão Europeia define os Sítios de Importância Comunitária que irão compor as ZECs. No caso da Diretiva Habitat, é necessário somente que os Estados-Membros façam a classificação das ZPEs para que a Comissão Europeia tão logo as incorpore na Rede Natura 2000 (ICNF, 2018b). As áreas classificadas da Rede Natura 2000 dispõem de um instrumento de gestão territorial (Plano Setorial da Rede Natura - PSRN2000) que visa a salvaguarda e valorização das ZECs e ZPEs do Território Continental, bem como a manutenção das espécies e habitats num estado de conservação favorável nestas áreas (ICNF, 2019b).

No que diz respeito ao Brasil, a criação de UCs acontece por ato do Poder Público (federal, estadual ou municipal) em conjunto com a consulta pública, após estudos técnicos que determinam a localização, dimensão e os limites adequados para as unidades. A participação pública antes da criação das UCs possibilita que a sociedade questione e contribua para aprimorar a proposta feita pelos técnicos (MMA, 2019). O SNUC, em seu Artigo 27, impõe que as UCs devem dispor de um Plano de Manejo (documento técnico que define o zoneamento de uma UC e as normas que devem presidir o uso da área e dos recursos naturais, inclusive estruturas físicas necessárias à gestão da UC) que abranja a área da UC, a zona de amortecimento (entorno da UC onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas) e os corredores ecológicos, com o prazo de até cinco anos a partir da data de criação da UC (Brasil, 2000).

## 2.4 PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE CONSERVAÇÃO

O Planejamento Sistemático de Conservação (PSC) da natureza é uma forma de compreender e minimizar os efeitos dos impactos ambientais provocados por atividades antrópicas, que garante o desenvolvimento sustentável e o bem-estar social futuro (Fernandes *et al.*, 2018). Trata-se de uma abordagem que visa selecionar áreas para conservação e/ou restauração, que integra alvos de conservação (espécies e/ou habitat), custos (custo de aquisição ou outra alternativa de medida social, econômica ou ecológica) e configurações da paisagem (Watts *et al.*, 2009; WWF, 2019). Segundo Possingham *et al.* (2006), o PSC envolve encontrar soluções de áreas de conservação que satisfaçam uma série de princípios, sendo os principais: abrangência, representatividade, adequação, eficiência e insubstitibilidade:

- Abrangência: áreas de conservação com elevada diversidade de espécies, habitats e processos ecológicos;
- Representatividade: sistemas de conservação que protegem apenas amostras de cada alvo;
- Adequação: promoção da persistência dos alvos no longo prazo nas áreas de conservação, garantindo sua evolução contínua;
- Eficiência: sistemas de conservação com máxima proteção dos alvos pelos menores custos e áreas possíveis;
- Insubstituibilidade: sítios indispensáveis para atingir a meta de conservação (percentual de quanto pretende-se conservar dos alvos), considerando sua contribuição para representar os alvos e efeitos de sua indisponibilidade.

A utilização de ferramentas de PSC tem influenciado o desenvolvimento de variadas abordagens que são usadas para apoiar decisões sobre o uso da terra e do mar (Carwardine *et al.*, 2006). Porém, tais abordagens podem ser menos informativas em sítios que têm dados escassos ou onde os recursos disponíveis são limitados, sendo a aquisição de informações tecnicamente desafiadora (Ban *et al.*, 2009).

O *software* Marxan é uma ferramenta de PSC que tem sido comumente utilizada em diversos estudos para selecionar áreas de conservação da natureza. Trata-se de um programa que auxilia a tomada de decisão para identificar e selecionar áreas de

conservação da natureza, de forma a maximizar a presença de alvos de biodiversidade em redes de conservação e minimizar a dimensão, fragmentação e o custo da implantação destas áreas (Game & Grantham, 2008).

De acordo com Ardron *et al.* (2010), existe uma variedade de possibilidades e formas que o Marxan vem sendo utilizado, como simples processos de planejamento, determinação de metas para manter o equilíbrio de exploração sustentável por pescadores, bem como a conservação da biodiversidade. Os autores também destacam outras possibilidades a que o *software* é capaz de responder: onde estão as lacunas nos sistemas de conservação atuais; o quão eficiente é uma área de conservação existente ou uma nova proposta em relação aos objetivos de conservação; quais prioridades devem ter os tomadores de decisão para reverter falhas nos sistemas de conservação atuais; como as compensações socioeconómicas e ecológicas afetam as partes interessadas etc.

Em todos os casos, o objetivo principal é utilizar a ferramenta para o Planejamento Sistemático de Conservação, onde os efeitos de estresse ambiental provocado pela ação antrópica são amenizados. A título de exemplo, o estudo realizado por Fernandes *et al.* (2018) fornece informações sobre o processo de Planejamento Espacial Marítimo em Portugal, a partir da identificação de soluções de áreas para a conservação que enfrentam menos impactos antropogénicos. Nesse sentido, é possível distribuir atividades e usos do espaço, de forma a que fomente o crescimento económico por atividades marítimas e não agrave impactos ambientais.

Nel *et al.* (2009) realizaram um estudo que visava a expansão de ecossistemas de água doce ao longo do tempo na África do Sul, em virtude de somente 21% dos rios no país estarem moderadamente a bem protegidos no sistema atual de áreas protegidas. A partir do estudo, os autores foram capazes de definir, a nível nacional, as melhores áreas onde os benefícios para a biodiversidade dos rios podem ser melhor alcançados. Resultados como esses demonstram como um algoritmo de planejamento de conservação pode ser aplicado em ambientes de água doce e qual a sua importância.

A implantação de áreas para conservação da natureza pode ser um problema quando feita sem meios científicos que comprovem a sua necessidade, o que se traduz em má distribuição de recursos financeiros. Esfandeh *et al.* (2015) apontam que, comumente, a seleção de áreas de conservação não tem como base uma abordagem sistemática, mas sim aspectos económicos e políticos que não consideram o valor ecológico. Em um estudo

realizado por Adams *et al.* (2011), que examina como fatores sociopolíticos afetam o custo da expansão de áreas protegidas em Queensland (Austrália), os autores observaram que a estimativa financeira feita pelo governo (\$ 120 milhões) era muito inferior à estimativa obtida depois da análise do Marxan (\$ 214 milhões), mesmo considerando premissas extremamente otimistas.

Existem diversos outros estudos que abordam aspectos interessantes: Vallecillo *et al.* (2013) utilizaram a ferramenta na gestão para conservação de espécies de aves com dois comportamentos distintos (preferência por habitats fechados e áreas abertas), que são afetadas pela mudança de habitats provocada por incêndios; Lira-Noriega *et al.* (2015) realizaram um estudo para compreender a quantidade, o nível de prioridade e a localização do território que corresponde aos ecossistemas de água doce que são importantes para a conservação no México; Cavalcanti & Costa Neto (2015) realizaram oficinas para identificar áreas para a conservação do Patrimônio Espeleológico do Brasil, dado o cenário preocupante do ponto de vista da conservação em que se encontra as cavidades naturais subterrâneas do país. Em síntese, as possibilidades do Marxan se expandem conforme as necessidades e objetivos a se cumprir.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho decorreu em cinco etapas (Figura 1): i) Caracterização das áreas de estudo (Portugal e Estado do Paraná, Brasil); Coleta de dados das áreas de conservação e distribuição da fauna e flora nas áreas de estudo; iii) Criação e organização dos ficheiros de entrada do Marxan a partir do complemento QMarxan Toolbar Algorithm no *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS 2.18.25; iv) Execução do Marxan; v) Apresentação e análise dos resultados.

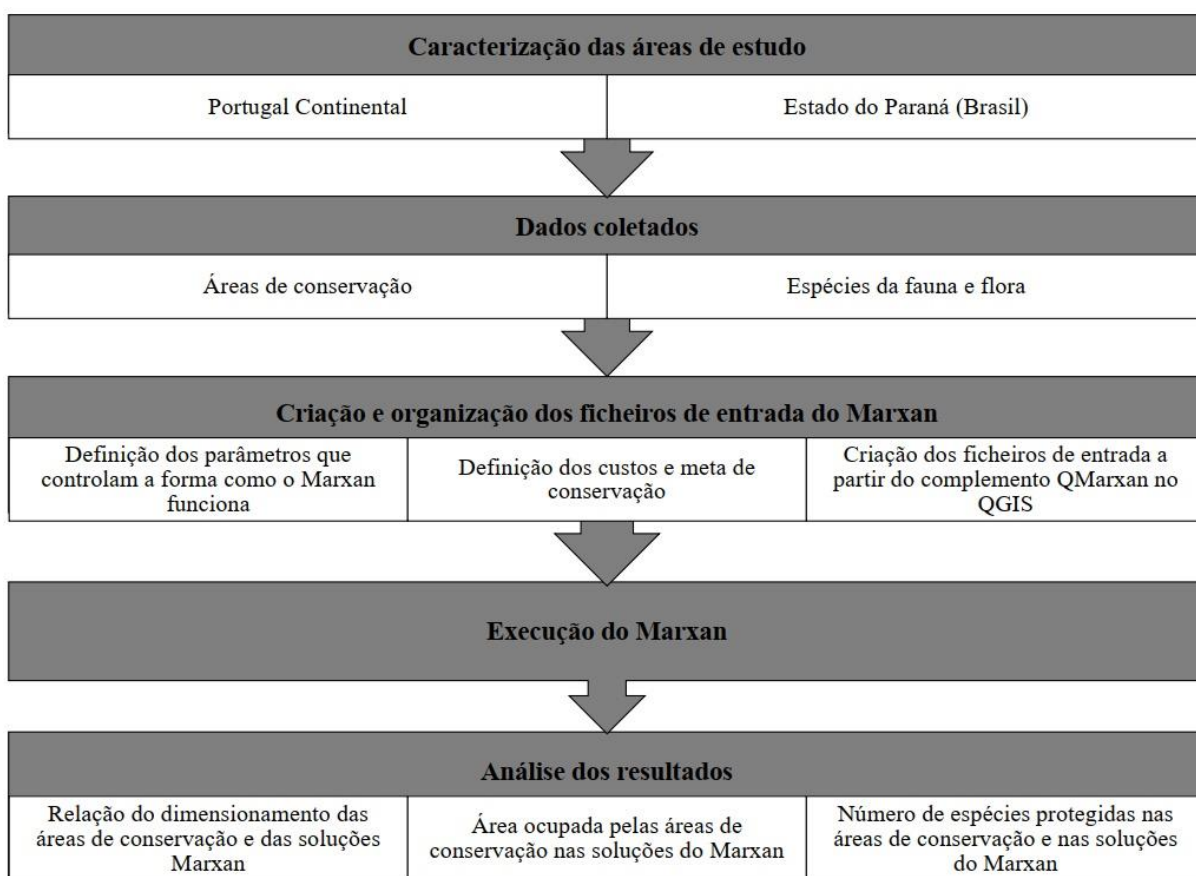


Figura 1 - Esquema síntese da metodologia definida e aplicada neste trabalho.

#### 3.1 ÁREAS DE ESTUDO

##### 3.1.1 Portugal

Portugal está localizado no extremo ocidental da Península Ibérica, na região Sudoeste da Europa. Conforme a Carta Administrativa Oficial de Portugal elaborada pela Direção Geral do Território (2016), a área total do país é de 92.225,62 km<sup>2</sup>, sendo

89.102,14 km<sup>2</sup> pertencentes ao Território Continental, 2.321,96 km<sup>2</sup> à Região Autónoma dos Açores e 801,52 km<sup>2</sup> à Região Autónoma da Madeira. De acordo com a estimativa realizada pelo Instituto Nacional de Estatística (INE, 2018), em 31 de dezembro de 2017 a população residente era de 10.291.027 habitantes. No que diz respeito aos tipos de uso e ocupação do solo, a classe “floresta” é predominante em Portugal, compreendendo aproximadamente 36,1% de área do Território Continental. Os registos do 6º Inventário Florestal Nacional mostram que, desde o final do século XIX (aproximadamente no ano de 1875) até o ano de 2015, a evolução da área florestal no país é positiva, passando de 6.400 km<sup>2</sup> para 32.140 km<sup>2</sup> neste período (ICNF, 2019)

Segundo ICNF (2018d), a RNAP possui 47 áreas protegidas distribuídas pelo território continental Português. No âmbito nacional, encontram-se 32 áreas protegidas: 1 Parque Nacional, 13 Parques Naturais, 9 Reservas Naturais, 2 Paisagens Protegidas e 7 Monumentos Naturais. A nível regional e local constam 14 áreas protegidas definidas pelo Decreto-Lei n.º 19/93 de 23 de janeiro e pelo Decreto-Lei n.º 142/2008 de 24 de julho, além de uma Área Protegida Privada, reconhecida pela Portaria n.º 1181/2009 de 7 de outubro. Na sua totalidade, as áreas protegidas ocupam uma área de 7.930,9 km<sup>2</sup>, o que representa 8,9% do território de Portugal Continental. Existem também 62 ZPEs e 106 ZECs que juntas somam uma área total de 16.287 km<sup>2</sup> (ICNF, 2016), considerando as sobreposições dessas áreas, e que representam cerca de 18,28% do território de Portugal Continental (Figura 2).

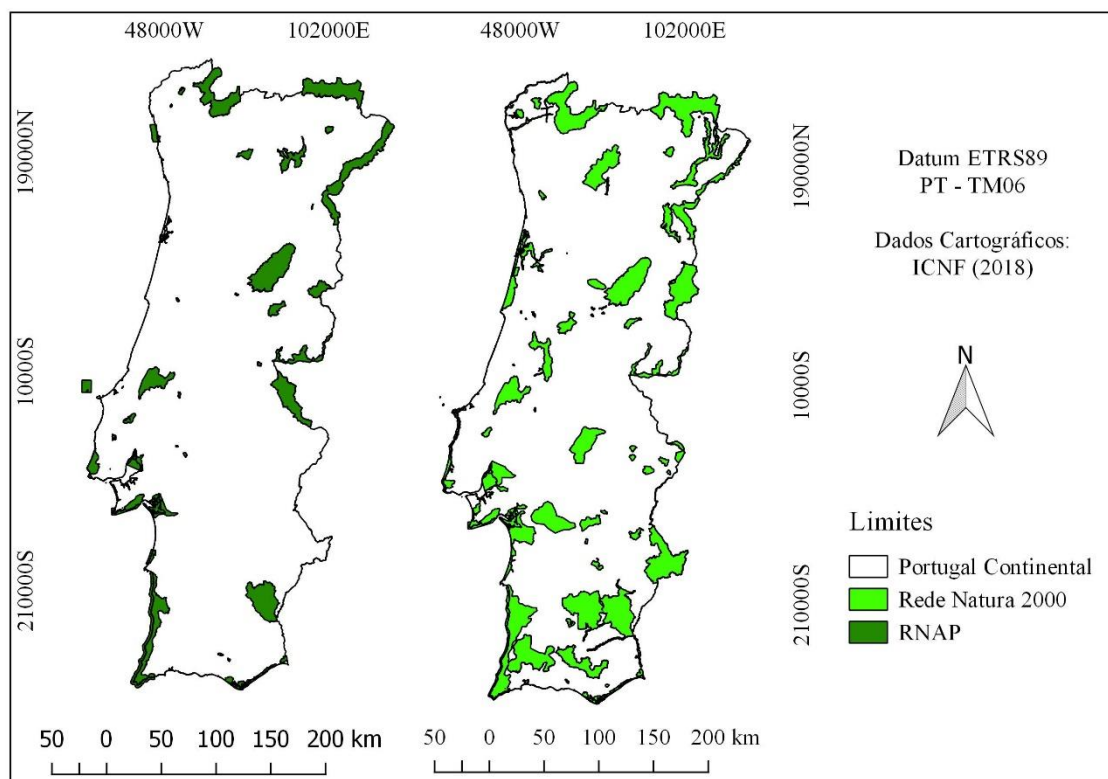


Figura 2 - Áreas classificadas de Portugal Continental.

### 3.1.2 Estado do Paraná (Brasil)

O Estado do Paraná é uma das 27 unidades federativas do Brasil, localizado na região Sul do país. O estado possui uma área de 199.307,94 km<sup>2</sup> que abrange uma população estimada de 11.348.937 habitantes (IBGE, 2018). De acordo com o Atlas Geográfico Escolar elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), o Paraná compreende os Biomas Mata Atlântica e Cerrado que, originalmente, representavam em torno de 194.026,3 km<sup>2</sup> e 5.281,7 km<sup>2</sup> da área total do estado, respectivamente. No entanto, em função do desmatamento, atualmente restam aproximadamente 11,8% de remanescentes florestais da Mata Atlântica (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2013) e 31% do Cerrado (MMA, 2006).

Segundo a Diretoria de Biodiversidade e Áreas Protegidas do Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 2012), para proteger os referidos remanescentes florestais, o Paraná dispõe atualmente de 10 UCs federais, 68 UCs estaduais e 110 UCs municipais. Quanto às UCs particulares, existem 15 federais, 227 estaduais e 21 municipais reconhecidas pelo IAP (2017). No total, as UCs possuem área aproximada de 19.112,64 km<sup>2</sup>, considerando

as sobreposições entre tipologias, o que representa 4,41% de todo o território do Estado do Paraná (Figura 3). As tipologias das UCs presentes no estado são: Estação Ecológica, Parque Nacional, Reserva Biológica, Refúgio de Vida Silvestre, Área de Proteção Ambiental, Floresta Nacional e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

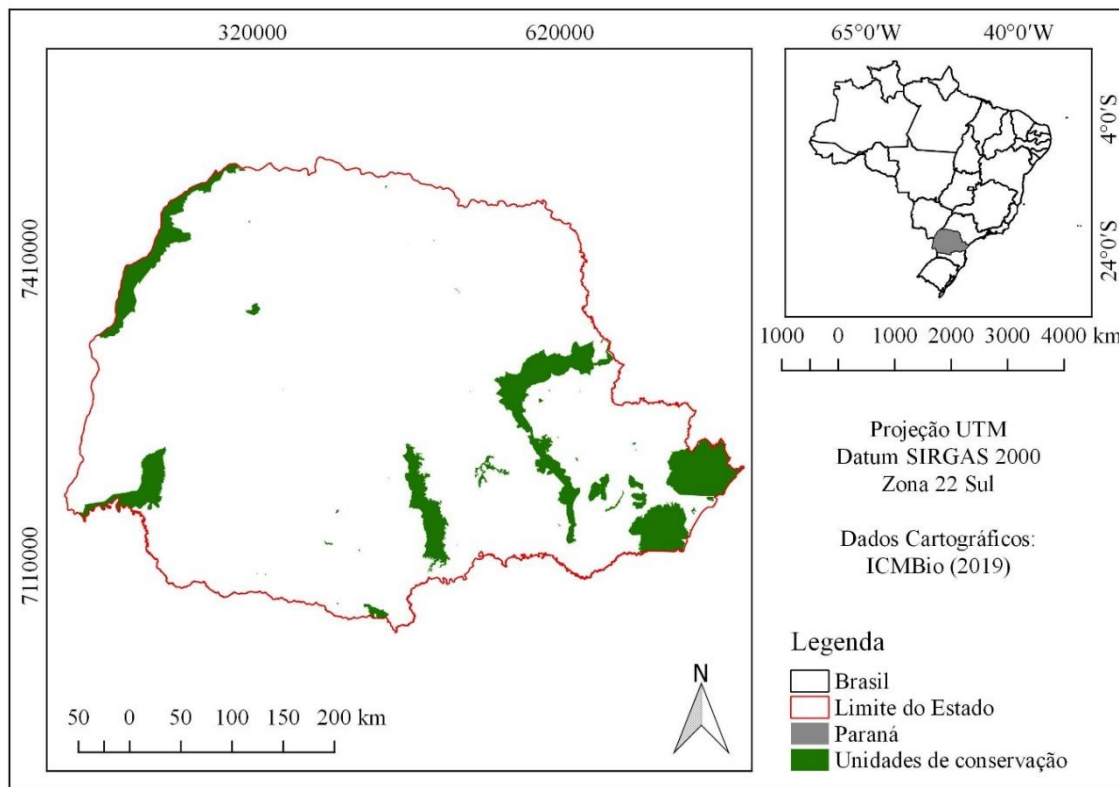


Figura 3 - Unidades de conservação do Estado do Paraná, Brasil.

## 3.2 DADOS DE ÁREAS DE CONSERVAÇÃO E ESPÉCIES

### 3.2.1 Formato dos ficheiros

Os ficheiros utilizados possuem formato vetorial “*shapefile*”. Para evitar problemas durante o processo de criação dos dados de entrada do Marxan, os ficheiros das áreas de conservação e da distribuição das espécies foram todos convertidos para o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) utilizado no respectivo país. Portanto, para Portugal, utilizou-se o SRC *European Terrestrial Reference 1989* (ETRS89/PT-TM06), enquanto que no Paraná utilizou-se o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), zona 22 Sul (fuso UTM).

### 3.2.2 Ficheiros das áreas de conservação

Os ficheiros das áreas classificadas de Portugal foram compilados do portal de dados e serviços geográficos do ICNF (2018a) e os ficheiros das unidades de conservação do Paraná foram obtidos do portal do Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2019).

### 3.2.3 Ficheiros das espécies da fauna e flora

No caso de Portugal, trabalhou-se apenas com as espécies presentes no Território Continental. Além disso, tanto em Portugal como no Paraná, os ficheiros não representam a distribuição de todas as espécies existentes, pois nem todas espécies têm associada informação geográfica. Portanto, procurou-se trabalhar com o máximo de dados coletados possíveis. Em ambos os territórios, a ocorrência de espécies foi representada em uma grelha de pontos espaçados uniformemente de resolução espacial de 10 km x 10 km.

Em Portugal, as espécies da fauna utilizadas englobam os grupos dos anfíbios, répteis e aves, e foram disponibilizados pelo ICNF (2008, 2010). Os grupos compreendem, respectivamente, 17, 33 e 229 espécies. O ficheiro da flora foi obtido do portal Flora-On (2014) e é composto por 2.669 espécies.

Em relação ao Paraná, a fauna integra os grupos de espécies ameaçadas de extinção dos anfíbios, répteis e mamíferos, e foram disponibilizados pela IUCN (2019). Os grupos representam, na devida ordem, 132, 31 e 219 espécies. Relativamente à flora, a representação da distribuição foi feita manualmente em uma planilha, registrando as informações de coordenadas geográficas, nome científico e número de identificação, sendo posteriormente exportado no formato de texto com a extensão “csv” (extensão com valores separados por vírgula) e importado para a *software* de SIG utilizado no trabalho (QGIS). No QGIS, o ficheiro de extensão “csv” foi convertido para o formato “*shapefile*”, pois, caso contrário, ocorreriam erros durante a criação dos ficheiros de entrada do Marxan. Em seguida, criou-se uma grelha de pontos espaçados uniformemente de resolução espacial de 10 km x 10 km e, então, as informações sobre as espécies do ficheiro importado foram intersectadas e inseridas nos respectivos pontos conforme a sua localização. Os dados da flora foram obtidos a partir do Livro vermelho da flora do Brasil (Martinelli & Moraes, 2013) e incluem somente 152 espécies uma vez que apenas para

estas se encontram disponíveis as coordenadas geográficas da sua distribuição no portal SpeciesLink (2019).

### 3.3 MARXAN

O programa Marxan utiliza como variáveis de entrada dados dos alvos que se deseja conservar, o perímetro das potenciais áreas de conservação (unidades de planejamento) para abrigá-los e dados de custos. Com base na meta de conservação definida, o programa encontra múltiplos conjuntos de unidades de planejamento (UPs) para conservação dos alvos e apresenta a frequência com que essas UPs são selecionadas como melhores soluções (Figura 4). O *software* trata as metas de conservação como objetivos e não como restrições. Nessa lógica, pode acontecer de um dos objetivos definidos no início não ser completamente alcançado em função do elevado custo incorrido para atendê-lo (Carwardine *et al.*, 2006).

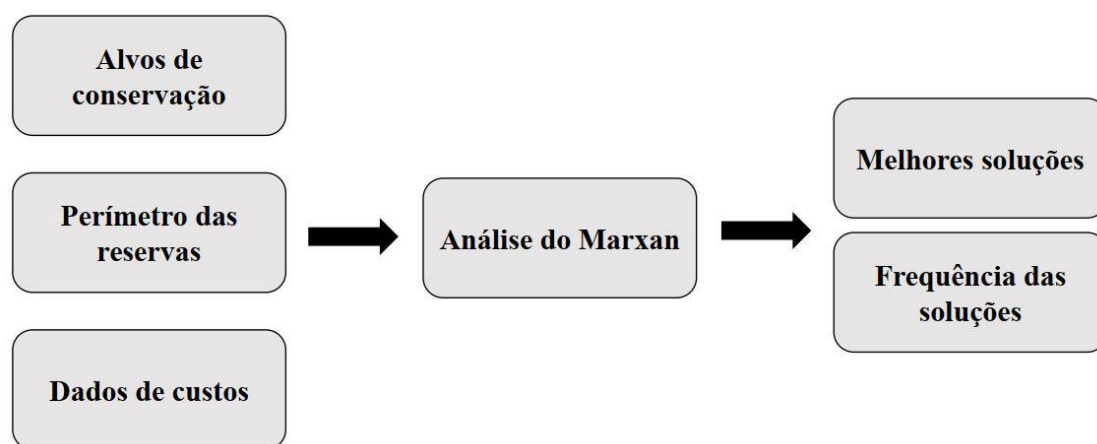


Figura 4 - Fluxo de processos de computação convencional seguido no *software* Marxan: entrada de dados e definição de parâmetros, análise e resultados obtidos.

Para encontrar as soluções, é necessária uma base na qual o *software* possa comparar soluções alternativas até encontrar as melhores opções de UPs para conservar. O programa consegue chegar a esses resultados a partir de uma função objetivo (Equação 1), utilizada para, simultaneamente, minimizar o custo total, o perímetro das UPs selecionadas como melhores soluções e as penalizações devidas por não representar completamente os alvos.

$$\sum_{UPs} \text{Custo} + \text{MPR} \sum_{UPs} \text{Perímetro da reserva} + \sum_{UPs} \text{FPC} * \text{Penalização} + \text{PECL} \quad (1)$$

A função objetivo utilizada pelo *software* Marxan na busca das melhores soluções de áreas de conservação considera as seguintes variáveis (Game & Grantham, 2008):

- Custo: custo total das UPs selecionadas como áreas de conservação (obrigatório);
- MPR: Modificador do Perímetro da Reserva, coeficiente definido pelo usuário para aumentar o nível de agregação das UPs e assim controlar o nível de fragmentação através da sua multiplicação pelo somatório do perímetro das UPs selecionadas (opcional);
- FPC: Fator de Penalização de Conservação, fator que controla o peso dado à penalização (obrigatório);
- Penalização: penalização por não representar completamente os alvos conforme a meta de conservação definida (obrigatório) (Equação 2):

$$\text{Maior custo possível (UPs)} + \text{MPR} \sum_{UPs} \text{Perímetro da reserva} \quad (2)$$

- PECL: Penalização por Exceder o Custo Limite pré-definido (opcional).

Ao executar o *software* Marxan, o programa começa por selecionar UPs de acordo com o algoritmo escolhido pelo utilizador para o efeito até atingir a meta de conservação. O programa soma os custos e os perímetros das UPs selecionadas e aplica as penalizações (quando é o caso disso), obtendo um *score* ao final de cada corrida. Os algoritmos disponíveis no *software* selecionam UPs de formas diversas até encontrarem o melhor conjunto com o menor *score*. Ao contrário de algoritmos convencionais, que encontram uma solução ideal, o Marxan utiliza algoritmos heurísticos produzindo soluções quase ótimas. O Marxan inclui três tipos de algoritmos para selecionar UPs: Recozimento Simulado (*Simulated Annealing*), Heurístico (*Heuristic*) e Melhoria Iterativa (*Iterative Improvement*) (Game & Grantham, 2008).

O Recozimento Simulado se fundamenta em uma analogia da termodinâmica em que o processo começa com uma elevada temperatura e diminui lentamente com o objetivo de melhorar as propriedades físicas do aço. De forma análoga, o algoritmo inicia com o parâmetro “temperatura” do *software* elevado e, assim, testa aleatoriamente movimentos bons e ruins (ou seja, independentes do custo das UPs e da riqueza específica), aceitando novas soluções que melhoram (reduzem) o *score* da função mas também novas soluções que pioram (aumentam) o *score* da função, de acordo com uma probabilidade de aceitação que varia com o valor da “temperatura”. Conforme a “temperatura” diminui, apenas movimentos bons ou mudanças efetivas na troca de uma UP por outra são aceitas. O objetivo desse algoritmo é representar a maior diversidade de espécies e ocupar a menor área possível. O algoritmo segue essa abordagem para evitar que o *software* defina como melhor solução o primeiro conjunto de UPs selecionadas (conhecido como mínimo local), permitindo que o *score* da função ainda possa melhorar. O mínimo local (*minimum local*) é o ponto aonde a adição ou remoção de UPs desfavoráveis no conjunto de UPs selecionadas pelo Marxan não altera o *score* da função objetivo e que, portanto, dá a falsa sensação de que já se alcançou os melhores resultados (Game & Grantham, 2008).

A seleção de unidades feita pelo algoritmo Heurístico baseia-se na importância relativa de cada uma dessas unidades, conforme avaliado pela complementaridade, ou seja, o ganho relativo obtido pela adição de uma UP ao conjunto selecionado de melhores soluções. O algoritmo Heurístico possui três variações (*greedy*, *rarity* e *irreplaceability*) que tem abordagens distintas. O algoritmo *greedy* (ganancioso) começa selecionando a UP com maior riqueza específica e, em seguida, adiciona outras UPs ao conjunto definido como melhores soluções, aumentando o máximo possível o número de espécies não incluídas anteriormente, até atingir a meta. O algoritmo *rarity* (raridade) inicia classificando as UPs que contém espécies raras, independente da riqueza específica e custo dessas áreas, e posteriormente inclui os alvos mais comuns. Por fim, o algoritmo *irreplaceability* (instituíbilidade) procura verificar a probabilidade de cada UP ser necessária para atingir o objetivo de um determinado alvo de conservação (Diniz-Filho *et al.*, 2005; Game & Grantham, 2008).

A Melhoria Iterativa, por sua vez, considera uma mudança aleatória para verificar se é possível alguma mudança no valor da função objetivo. O algoritmo é utilizado

unicamente para assegurar que todas as formas de melhorias possíveis sejam testadas. A aplicação de algoritmos mais eficiente é a combinação do Recozimento Simulado seguido da Melhoria Iterativa (Game & Grantham, 2008).

Para complementar as informações obtidas do *software* Marxan, é possível representar os resultados em *softwares* de SIG e assim apresentar de forma espacialmente explícita as melhores soluções encontradas. A flexibilidade de compreensão dos resultados é interessante para os planejadores de unidades e para tomadores de decisão, o que aumenta a probabilidade de criação das áreas para conservação da natureza (Ball *et al.*, 2009).

### 3.4 CENÁRIOS DAS SOLUÇÕES

Foram testados dois cenários retratando as melhores soluções de áreas de conservação em termos de fragmentação ou compactação. No Cenário 1, não se dá ênfase ao fator de compactação das soluções durante a seleção das UPs. Por outro lado, no Cenário 2, o Marxan seleciona conjuntos mais agregados com o intuito de apresentar soluções com menores efeito de borda e fragmentação. O objetivo de propor dois cenários é para oferecer diferentes alternativas de soluções para conservação das espécies nas áreas de estudo.

### 3.5 ORGANIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MARXAN

#### 3.5.1 Dados de entrada

Os parâmetros de entrada foram definidos com base em valores padrão do Manual do Usuário Marxan 1.8.10 (Game & Grantham, 2008) e parâmetros indicados pela literatura (Klein *et al.*, 2008; Becker *et al.*, 2010; Carvalho *et al.*, 2011). Os seguintes parâmetros foram estabelecidos: 100 repetições de execução; Algoritmos Recozimento Simulado e Melhoria Iterativa; 10.000.000 iterações por simulação; Diminuição da temperatura ajustada em 10.000; Temperatura inicial e Fator de resfriamento fixados em Recozimento Adaptativo. O MPR foi ajustado em 0 no Cenário 1 e, como alternativa para sugerir soluções mais compactas, foram utilizados diferentes valores de MPRs no Cenário 2 (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores de MPRs definidos para os Cenário 1 e 2

Áreas de Estudo	Grupos	Cenário 1	Cenário 2
		MPRs	MPRs
<b>Portugal Continental</b>	Anfíbios	0	0.0000065
	Répteis	0	0.0000001
	Aves	0	0.000015
	Flora	0	0.00002
	Todos	0	0.000003
<b>Paraná (Brasil)</b>	Anfíbios	0	0.00002
	Répteis	0	0.0000025
	Mamíferos	0	0.000015
	Flora	0	0.0008
	Todos	0	0.000025

Os MPRs do Cenário 2 foram determinados a partir do método de calibração de Stewart & Possingham (2005). Neste método, são testados uma sequência de diferentes MPRs (por exemplo, 0, 0.00001, 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1, 10, 100) que irão apresentar a relação entre perímetro e área das soluções do Marxan (Figura 5).

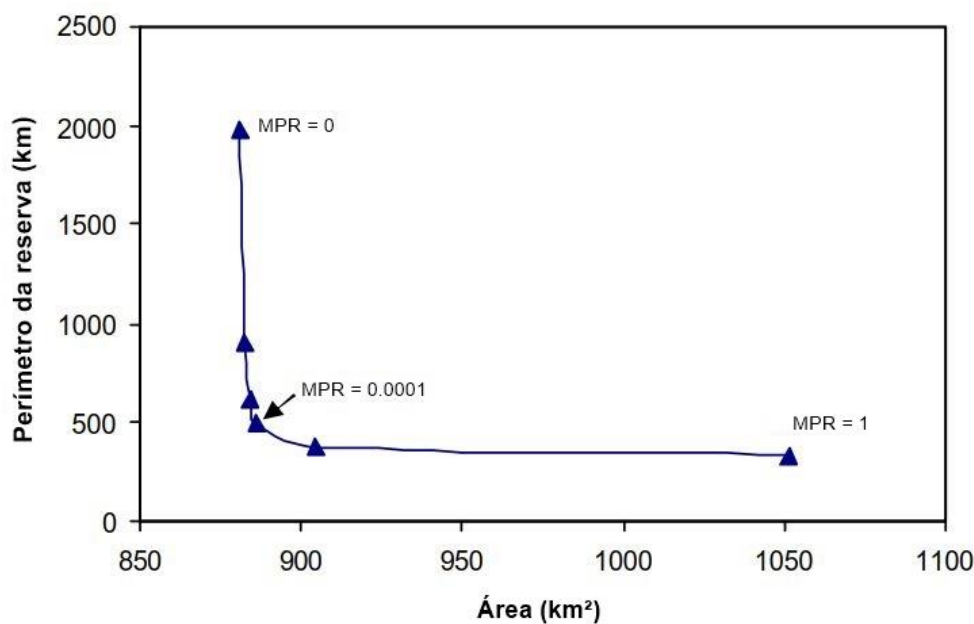


Figura 5 - Relação entre perímetro e área das soluções do Marxan para diferentes valores de MPRs. Fonte: Stewart & Possingham (2005), modificado por Game & Grantham (2008).

No exemplo da Figura 5, o MPR de valor 0.0001 provavelmente é o mais eficiente, pois o resultado da solução obtida apresenta uma área com dimensão próxima à da solução de MPR igual a 0 e o menor perímetro (melhor relação perímetro/área e solução mais compacta). Os MPRs escolhidos devem ser aqueles que possuem a melhor relação

entre perímetro e área comparados à solução de MPR fixado em 0. Sendo assim, é possível que as quantidades de UPs selecionadas (área) pelo programa sejam iguais nos dois cenários ou que tenham diferenças mínimas. Além disso, não existe um valor universal de MPR e o mesmo deve ser definido conforme os objetivos do projeto a ser desenvolvido (Game & Grantham, 2008). Cabe ressaltar ainda que, neste estudo, os MPRs diferem entre os grupos porque a quantidade e a distribuição das espécies determinam a configuração das UPs selecionadas pelo Marxan.

Todos os parâmetros estão incluídos no ficheiro “input.dat”. Além deste, serão utilizados mais três ficheiros obrigatórios com informações importantes para que o Marxan seja executado e um ficheiro opcional (Game & Grantham, 2008) (Quadro 1).

Quadro 1 - Ficheiros de entrada do *software* Marxan

<b>Arquivo de entrada</b>	<b>Nome padrão</b>	<b>Requerido</b>
Parâmetros de entrada	input.dat	Sim
Característica de conservação	spec.dat	Sim
Unidade de planejamento	pu.dat	Sim
Unidade de planejamento vs Característica de conservação	puvspr.dat	Sim
Comprimento da fronteira	bound.dat	Não

A seguir, encontra-se a descrição de cada ficheiro de acordo com o referido Manual:

- input.dat: define os valores para todos parâmetros principais que controlam a forma como o Marxan funciona, indica onde o *software* encontra os dados de entrada e outras variáveis e onde o mesmo deve colocar os dados de saída;
- spec.dat: contém informações sobre o que será conservado (espécie e/ou habitat), como nomes, metas e representatividade. Possui também o Fator de Penalização de Conservação que define o grau da penalidade aplicada por não atingir a meta de conservação;
- pu.dat: dispõe de informações sobre as UPs, tais como identificação, custo, localização e *status* de conservação.
- puvspr.dat: contém informação sobre a distribuição dos elementos a conservar que está em cada UP.

- `bound.dat`: se refere ao comprimento de limites compartilhados entre as UPs. Trata-se de um dado de entrada opcional, utilizado quando pretende-se usar o MPR para produzir soluções mais compactas.

### 3.5.2 Custos e metas de conservação

De acordo com Game & Grantham (2008), os custos podem ser valorados a partir de características sociais e económicas dos sítios, bem como dos recursos naturais que se deseja conservar. Em situações de indisponibilidade desse tipo de informação, os custos podem ser substituídos pelos valores das áreas das reservas com potencial de conservação (UPs). Para efeito deste estudo, optou-se em utilizar um valor de custo único igual a 1 para todas UPs, uma vez que a valoração das áreas seria de difícil execução no decorrer do período disponível para este trabalho e, também, para que as melhores soluções sejam definidas com base prioritariamente a distribuição das espécies, com interferência mínima de outros fatores.

Em relação à meta de conservação, este parâmetro define o percentual do quanto pretende-se conservar de cada alvo (espécie). A meta definida teve como base os valores médios utilizados nos trabalhos de Vallecillo *et al.* (2013), Dias (2016), Henriques *et al.* (2017), Mehri *et al.* (2017) e Fernandes *et al.* (2018), além da sugestão disponibilizada no Manual do Usuário do Marxan, que variam entre 10 a 60%. Os autores Game & Grantham (2008) afirmam que deve-se fazer escolhas cautelosas das metas, não sendo muito altas, pois pode acontecer dos objetivos não serem alcançados. Os valores estabelecidos não precisam ser os mesmos e devem levar em consideração, entre outros aspectos, o estado em que as espécies se encontram (em casos de risco de extinção elevado, por exemplo, deve-se ter uma exigência maior). Sendo assim, a meta de conservação estabelecida para a proteção das espécies em Portugal Continental e no Estado do Paraná foi de 10%. Isso significa que, para atingir a meta de conservação, o conjunto de UPs selecionadas como melhores soluções pelo Marxan deve abrigar amostras de 10% de cada espécie (ou seja, 10% do total pontos que representam a distribuição de cada espécie) em análise.

### 3.5.3 *Status* de conservação das unidades de planejamento

Esta variável indica se as UPs já estão conservadas, livres para potenciais áreas de conservação ou se não devem ser incluídas nos conjuntos de melhores áreas definidas pelo Marxan (Quadro 2) (Game & Grantham, 2008).

Quadro 2 - Descrição dos *status* de conservação das unidades de planejamento

<i>Status</i>	Descrição
0	UPs livres para serem adicionadas ao conjunto de melhores soluções de áreas de conservação.
1	As UPs com este <i>status</i> são adicionadas desde o início no conjunto de melhores soluções, porém podem não estar mais incluídas ao final das corridas do Marxan em função do custo incorrido ou por não representar os alvos.
2	UPs já conservadas de acordo com os sistemas de conservação das áreas de estudo. São adicionadas desde o início e não podem ser removidas.
3	As UPs com este <i>status</i> não são incluídas no conjunto de melhores soluções independente se podem melhorar ou não o <i>score</i> da função objetivo.

A variável é utilizada de acordo com os objetivos da pesquisa. Neste estudo, por exemplo, ela foi utilizada para verificar se os sistemas de áreas de conservação existentes em Portugal Continental e no Estado do Paraná já representam adequadamente as espécies conforme as metas de conservação definidas. Inicialmente, as melhores soluções de áreas de conservação foram obtidas com o *status* de conservação fixado em 0, ou seja, sem interferência das áreas de conservação existentes. Em seguida, o *status* foi mudado para 2 nas UPs que coincidem com as áreas de conservação das áreas de estudo. No início da execução, o programa Marxan indica quantas espécies já estão adequadamente representadas. Além disso, se os sistemas de áreas de conservação já protegem as espécies conforme as metas estabelecidas, nenhuma UP será acrescentada aos referidos sistemas. Caso contrário, com o decorrer das corridas, o programa irá selecionar e adicionar UPs aos sistemas de conservação até atingir as metas.

## 3.6 EXECUÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os ficheiros de entrada do Marxan e as pastas de destino (para os dados de entrada e saída) foram criados a partir do complemento QMarxan no *software* de SIG QGIS. Inicialmente, criou-se o ficheiro “input.dat” e as pastas de destino. Em seguida, o ficheiro “input.dat” foi editado conforme os parâmetros estabelecidos (Seção 4.5.1). Posteriormente, uma grelha no formato de quadrículas quilométricas UTM foi criada para

cada área de estudo, com resolução espacial de 10 km x 10 km. Em Portugal Continental, o conjunto de UPs da grelha compreende 1.007 células (100.700 km<sup>2</sup>) e no Estado do Paraná 2.138 células (213.800 km<sup>2</sup>). Na grelha, foi criado um novo campo de atributo onde foi incluído os custos de cada UP (Seção 4.5.2). Em seguida, realizou-se uma intersecção entre a grelha e a distribuição das espécies que se deseja conservar, gerando ficheiros com a extensão “qmd”, que representam as UPs em que ocorrem as espécies. A partir desses ficheiros, foram criados os ficheiros de entrada “spec.dat” e “puvspr.dat”. Em “spec.dat” foi incluído o valor 0.1 para todos os alvos na variável “prop” do ficheiro, que representa as metas de conservação. Por fim, foram criados os demais ficheiros de entrada do Marxan “pu.dat” e “bound.dat”.

A etapa seguinte consistiu em exportar os ficheiros criados para executar o programa Marxan. Para que não haja problemas durante a execução do programa, é importante garantir que as pastas de destino estejam previamente organizadas da seguinte maneira: dados de entrada (onde encontram-se os ficheiros criados no QMarxan) e dados de saída (resultados que serão obtidos após a execução). Além disso, o ficheiro “input.dat” e o executor do Marxan devem estar juntos com essas pastas.

Após a execução, o *software* gerou ficheiros com informações das espécies que atingiram as metas de conservação (“output\_mvbest”), as melhores corridas durante a execução (“output\_log” e “output\_sum”) – apresentando os custos, UPs necessárias, penalização por não atingir as metas, perímetro total das UPs e *score* final –, as áreas selecionadas para conservação das espécies (“output\_best”) e a frequência que cada UP foi escolhida como melhor área para conservação das espécies (“output\_ssoln”).

A execução foi feita para cada grupo de espécies separadamente e, posteriormente, para todos os grupos juntos nas respectivas áreas de estudo. Em seguida, foram testados outros valores de MPR até se encontrar o valor que apresentasse um conjunto de UPs mais compacto e com melhor relação entre perímetro e área. Para determinar a quantidade de espécies protegidas nos sistemas de conservação das áreas de estudo, o *status* de conservação foi alterado para 2. Em Portugal Continental, em específico, a análise foi feita separadamente para as áreas classificadas da RNAP e da Rede Natura 2000. Os resultados apresentados mostram se as espécies atingiram a meta de conservação e a representação espacial das áreas selecionadas pelo *software* Marxan, e servem para comparação com as áreas de conservação já existentes.

A análise foi feita relativamente aos seguintes aspectos: i) Relação do dimensionamento das redes de conservação atuais e das soluções obtidas pelo *software* Marxan; ii) Área ocupada pelas áreas de conservação existentes nas UPs selecionadas pelo programa; iii) Quantidade de espécies abrigadas nos sistemas de conservação atuais e nas propostas apresentadas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISE DA ADEQUAÇÃO DAS ÁREAS CLASSIFICADAS DE PORTUGAL CONTINENTAL

#### 4.1.1 Grupos dos anfíbios

No grupo dos anfíbios, o programa selecionou 97 UPs (9.700 km<sup>2</sup>) como melhores soluções de áreas de conservação nos Cenários 1 e 2 (Figura 6). Os perímetros totais das áreas foram 3.500 e 2.000 km, respectivamente. A dimensão das áreas foi a mesma nos dois cenários, pois no Cenário 2 foi determinado um valor de MPR que proporcionasse compactação nas melhores soluções e sugerisse áreas de conservação com extensão territorial semelhante às soluções de MPR igual a 0.

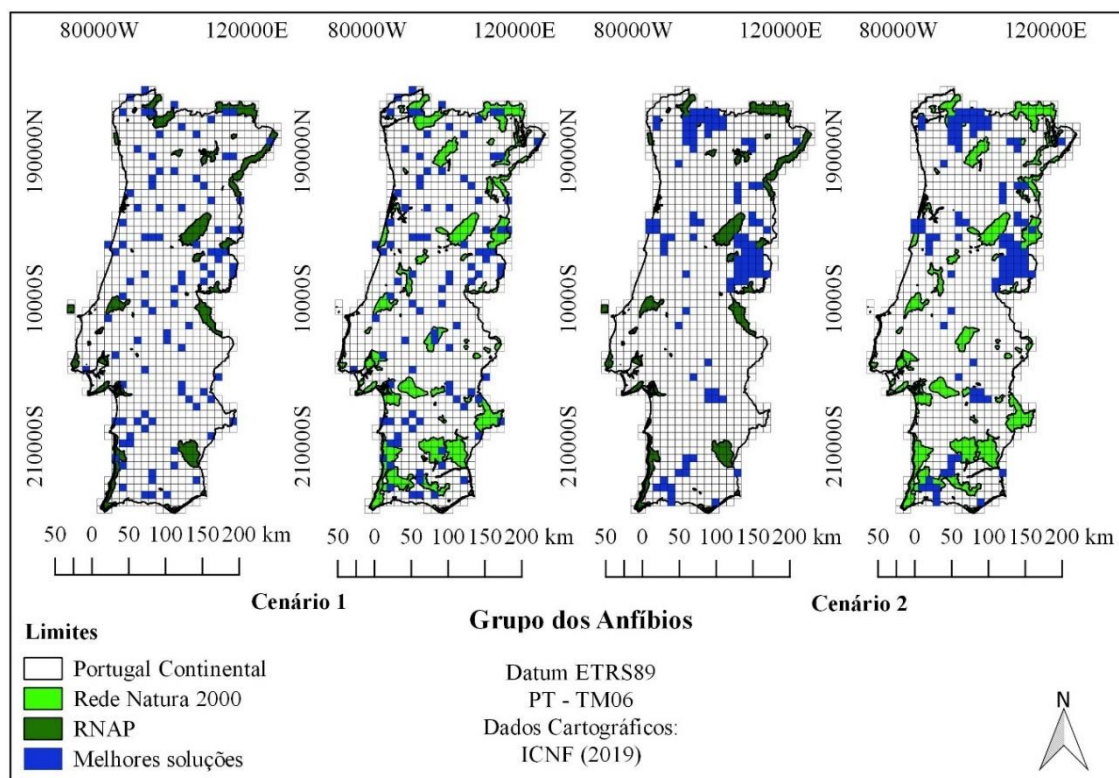


Figura 6 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo dos anfíbios definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o *status* de conservação fixado em 0. À esquerda de cada cenário, sobreposição entre as soluções e a RNAP. À direita, sobreposição entre as soluções e a Rede Natura 2000.

Em termos de extensão territorial, a área total das melhores soluções apresentadas pelo *software* Marxan ultrapassa em 1.769,1 km<sup>2</sup> (18,24%) a área da RNAP. Entretanto,

o mesmo não ocorre em relação à Rede Natura 2000, pois a área total das soluções é 6.587 km<sup>2</sup> (40,44%) inferior à referida área classificada. Foi verificado no Cenário 1 que a RNAP e a Rede Natura 2000 se sobrepõem, respectivamente, a 20 e 49 UPs das 97 UPs selecionadas, o que equivale, na devida ordem, a 2.000 km<sup>2</sup> (20,62%) e 4.900 km<sup>2</sup> (50,52%) da área total das UPs (Figura 7). No Cenário 2, a RNAP e a Rede Natura 2000 estão sobrepostas a 25 UPs (2.500 km<sup>2</sup> ou 25,77%) e 46 UPs (4.600 km<sup>2</sup> ou 57,73%), respectivamente (Figura 7).

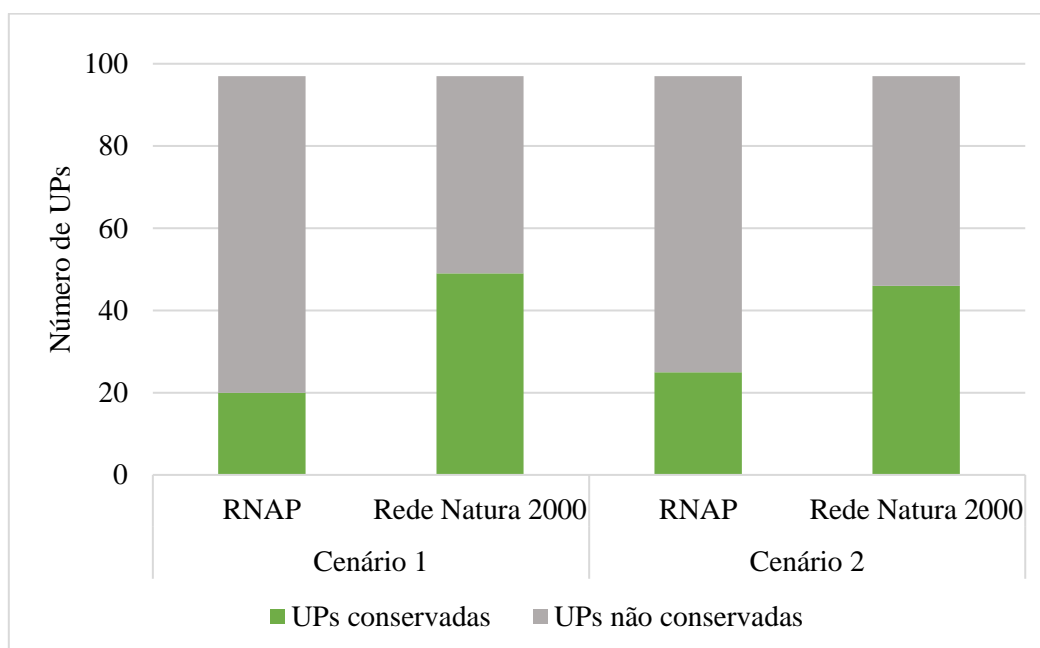


Figura 7 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às áreas classificadas de Portugal Continental para o grupo dos anfíbios.

Mesmo com essas desproporções de áreas e baixa representação das UPs selecionadas sobre as áreas de conservação de Portugal Continental, as referidas áreas classificadas conseguem proteger todas as espécies de anfíbios e cumprem a meta de conservação (ou seja, representam 10% do total de pontos de distribuição espacial de cada espécie). Em termos de conservação das espécies, as áreas classificadas são mais eficazes do que as melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan. É possível fazer esta afirmação, pois, ao alterar o *status* de conservação das UPs que coincidem com as áreas classificadas para 2, o programa indicou que as áreas classificadas já abrigam todas as 17 espécies conforme a meta e não acrescentou nenhuma UP aos referidos

sistemas de conservação. O conjunto de melhores soluções do Marxan, por outro lado, atingiu a meta para apenas 16 do total de 17 espécies nos dois cenários.

A baixa representação das UPs selecionadas pelo Marxan nas atuais áreas classificadas não significa que os sistemas de conservação atuais são ineficazes. Como foi referido, a dimensão e distribuição atual das áreas classificadas são suficientes para garantir a proteção de 10% do total de pontos em que cada espécie dos anfíbios se encontra. Contudo, pode significar que a distribuição espacial das áreas classificadas não seja a melhor em termos de representação de riqueza específica. Ao efetuar a análise referente a disposição das melhores soluções sobre o número de espécies distribuídas no Território Continental, constatou-se que as UPs selecionadas pelo *software* tendem a ser distribuídas sobre as cores mais quentes, que representam a ocorrência de maior número de espécies, e se distanciam das cores mais frias, que possuem riquezas mais baixas (Figura 8).

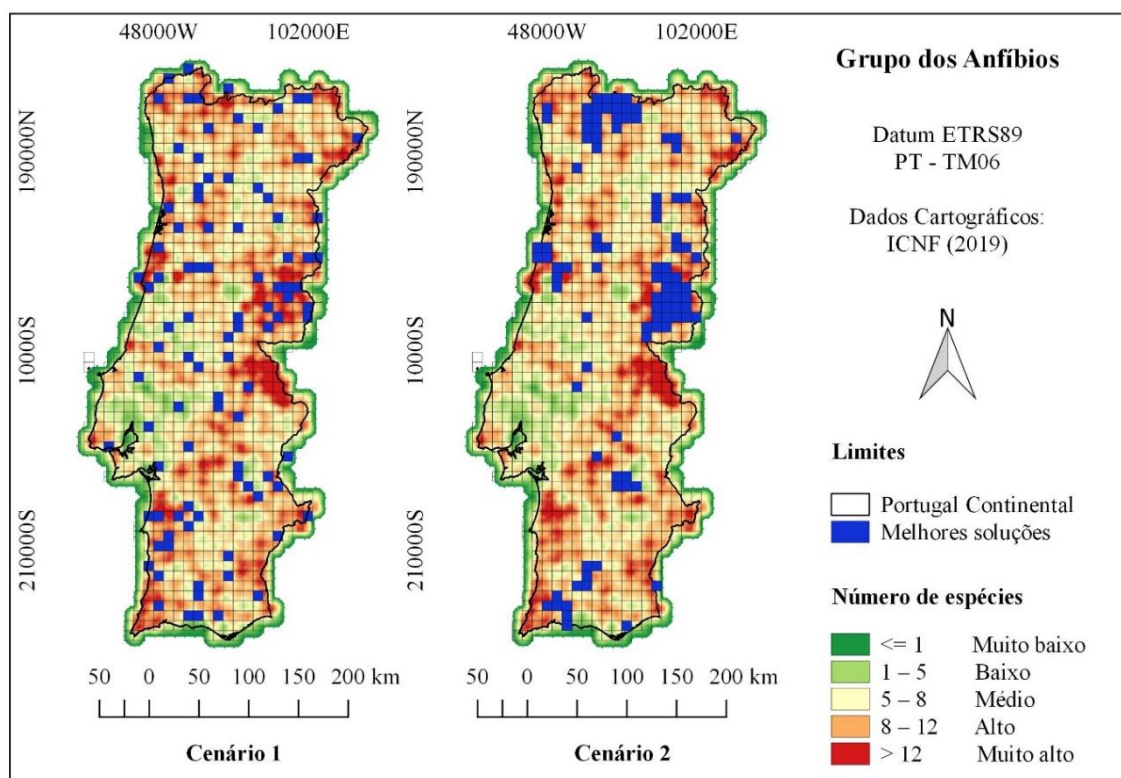


Figura 8 - Relação do número de espécies do grupo dos anfíbios e das melhores soluções definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o *status* de conservação fixado em 0.

Os algoritmos do *software* definidos neste estudo não selecionam, obrigatoriamente, somente as áreas com maior distribuição de espécies, pois há casos de

endemismos regionais. A seleção acontece de forma que todas as espécies sejam representadas de acordo com a meta estabelecida e ocupe a menor área possível. No Cenário 2, os algoritmos sugeriram dois extensos conjuntos de UPs nas regiões Centro (25 UPs - 2.500 km<sup>2</sup>) e Norte (21 UPs - 2.100 km<sup>2</sup>) do país, o que reforça a necessidade de uma atenção maior dos tomadores de decisão para implantação ou ampliação de áreas de conservação nesses sítios.

#### 4.1.2 Grupo dos répteis

O programa selecionou 85 UPs como melhores soluções de áreas de conservação para os répteis nos Cenários 1 e 2, o que corresponde a uma área de 8.500 km<sup>2</sup> (Figura 9). As UPs selecionadas tiveram perímetros totais de 3.060 km no Cenário 1 e 1.420 km no Cenário 2.

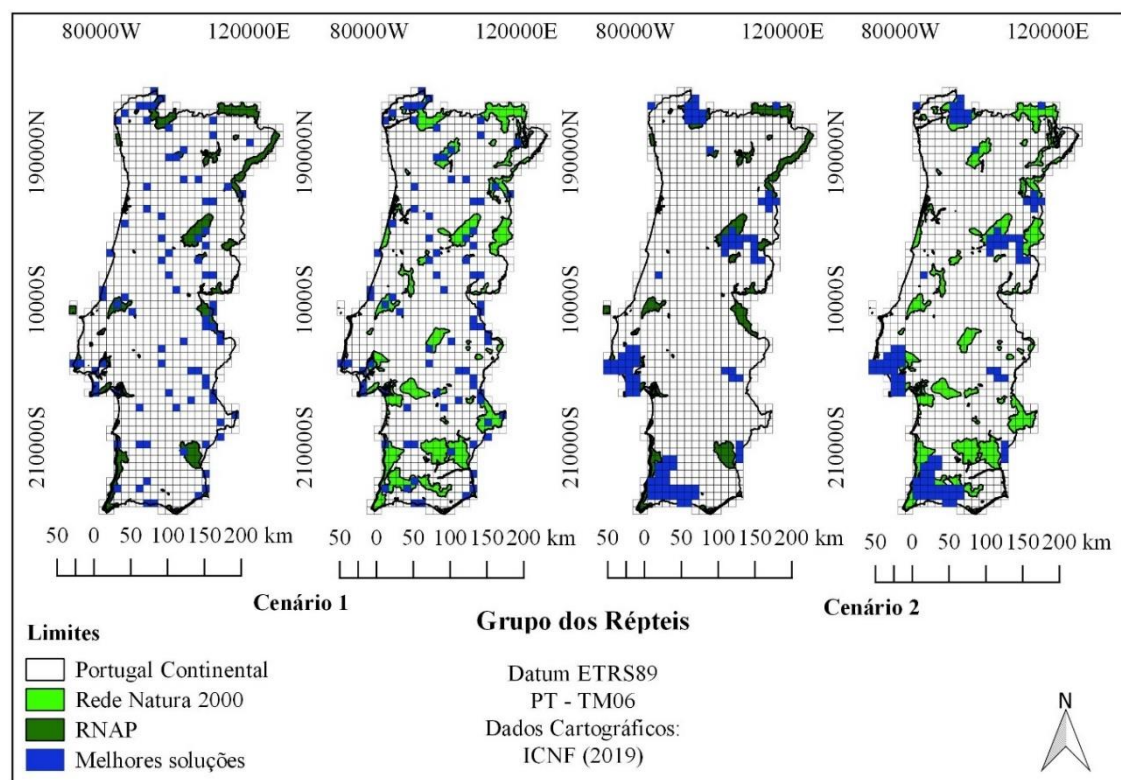


Figura 9 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo dos répteis definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o *status* de conservação fixado em 0. À esquerda de cada cenário, sobreposição entre as soluções e a RNAP. À direita, sobreposição entre as soluções e a Rede Natura 2000.

A área total do conjunto de UPs selecionadas pelo programa excede 569.1 km<sup>2</sup> (6,7%) a área da RNAP, porém ela é muito inferior à área da Rede Natura 2000 (7.787

km<sup>2</sup> a menos, o equivalente a 47,81%). Ao sobrepor as áreas classificadas sobre as UPs selecionadas pelo *software*, constatou-se que no Cenário 1 a RNAP correspondeu a 34 UPs (3.400 km<sup>2</sup> ou 40%), ao passo que a Rede Natura 2000 se sobrepõe a 53 UPs (5.300 km<sup>2</sup> ou 62,35%) das 85 UPs selecionadas. Em contrapartida, no Cenário 2, a RNAP esteve sobre 41 UPs (4.100 km<sup>2</sup> ou 48,24%) e a Rede Natura 2000 sobre 59 UPs (5.900 km<sup>2</sup> ou 69,41%). Nos dois cenários, a Rede Natura 2000 apresentou quantidade maior de áreas sobrepostas sobre as melhores soluções de áreas de conservação (Figura 10).

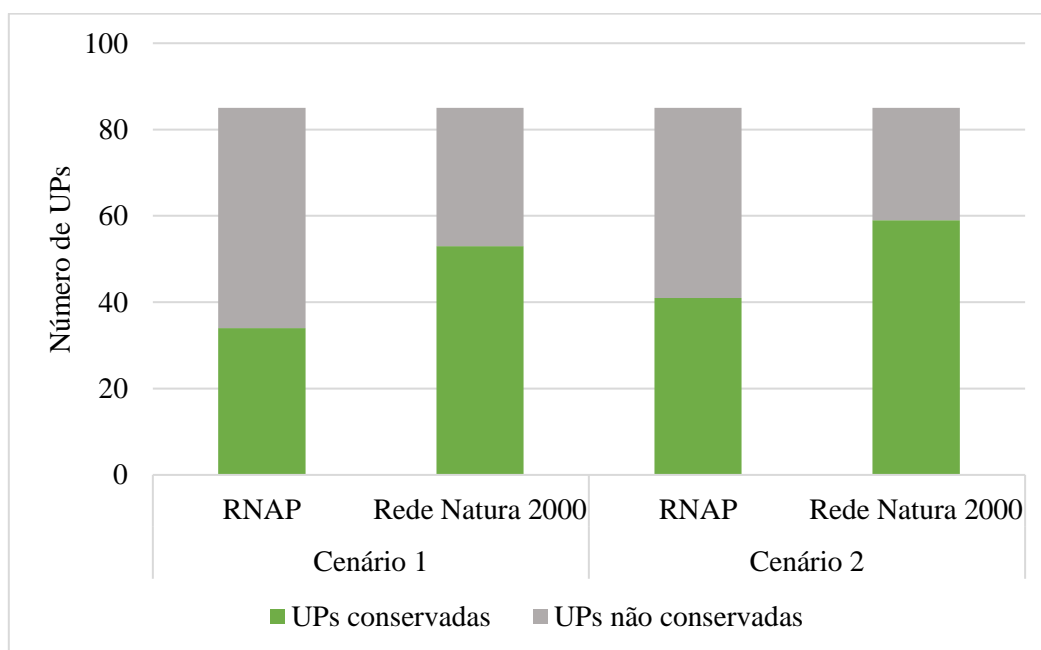


Figura 10 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às áreas classificadas de Portugal Continental para o grupo dos répteis.

Na primeira análise do Marxan, a qual não inclui as atuais áreas de conservação na seleção (*status* = 0), 32 espécies do total de 33 atingiram a meta de conservação nos dois cenários. Na segunda análise, ao modificar o *status* das UPs já conservadas para 2, o Marxan indicou que as áreas classificadas protegem o mesmo número de espécies conforme a meta que as melhores soluções obtidas com o *status* igual a 0. No Cenário 1, nenhuma UP foi selecionada pelo Marxan para melhorar a eficácia das áreas classificadas devido ao custo incorrido (e, conseqüentemente, por aumentar o valor da função objetivo) e manteve a proteção de 32 espécies do total de 33. No Cenário 2, uma UP (100 km<sup>2</sup>) foi

acrescentada aos sistemas de conservação e isso garantiu que todas as espécies estivessem representadas (Tabela 2).

Tabela 2 - Número de espécies do grupo dos répteis protegidas conforme a meta de conservação pelas áreas classificadas de Portugal Continental e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o *status* de conservação fixado em 2

Áreas classificadas	UPs ocupadas	N.º espécies protegidas	Cenários	N.º UPs adicionadas	Análises do Marxan
					N.º espécies protegidas <i>Status = 2</i>
RNAP	268	32	1	0	32
			2	1	33
Rede Natura 2000	520	32	1	0	32
			2	1	33

A análise seguinte é referente à distribuição das melhores soluções sobre a distribuição da riqueza de espécies dos répteis (Figura 11). Tanto no Cenário 1 como no Cenário 2, os algoritmos selecionaram as áreas que geralmente apresentavam a maior riqueza específica. Na proposta do Cenário 2, podem-se observar conjuntos mais compactos na região do Algarve (26 UPs - 2.600 km<sup>2</sup>), Área Metropolitana de Lisboa (20 UPs - 2.000 km<sup>2</sup>), Centro (14 UPs - 1.400 km<sup>2</sup>) e Norte (9 UPs - 900 km<sup>2</sup>) do país.

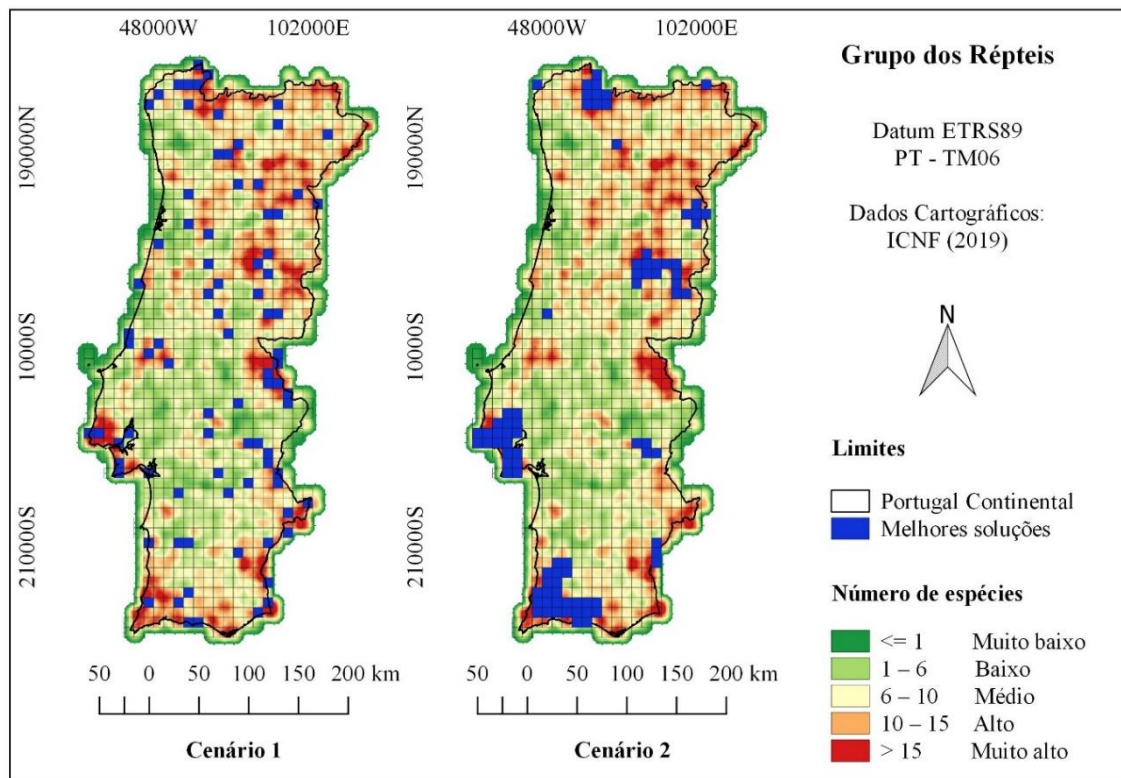


Figura 11 - Relação do número de espécies do grupo dos répteis e das melhores soluções definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o *status* de conservação fixado em 0.

#### 4.1.3 Grupo das aves

O Marxan definiu 96 UPs (9.600 km<sup>2</sup>) como melhores soluções de áreas de conservação para o grupo das aves nos dois cenários (Figura 12). Os perímetros totais foram 3.500 km no Cenário 1 e 1.980 km no Cenário 2.

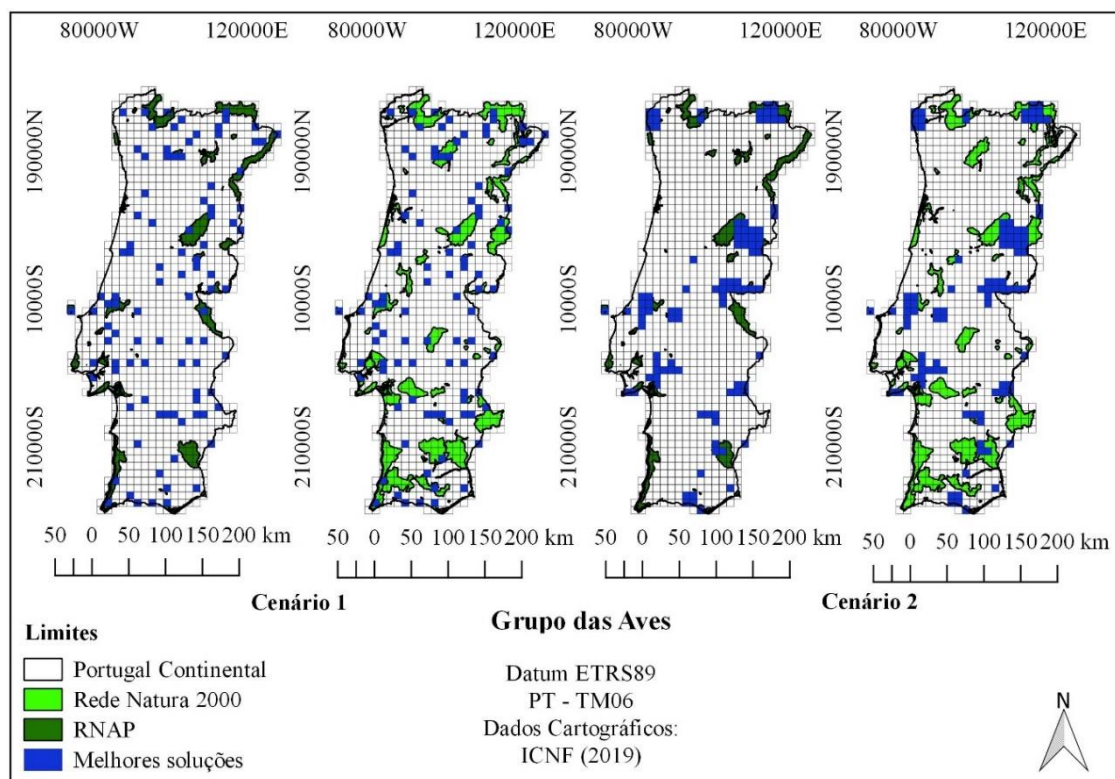


Figura 12 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo das aves definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o *status* de conservação fixado em 0. À esquerda de cada cenário, sobreposição entre as soluções e a RNAP. À direita, sobreposição entre as soluções e a Rede Natura 2000.

A comparação entre a área total das áreas classificadas e das UPs selecionadas revela que a RNAP tem uma área equivalente a 1.669,1 km<sup>2</sup> (17,39%) inferior às soluções do Marxan e que a Rede Natura 2000 tem 6.687 km<sup>2</sup> (41,06%) a mais que a área das melhores soluções. No que se refere a representação das áreas classificadas sobre as áreas selecionadas, foi possível apurar que no Cenário 1 a RNAP sobrepõe 27 UPs (2.700 km<sup>2</sup> ou 28,13%) e a Rede Natura 2000 sobrepõe 54 UPs (5.400 km<sup>2</sup> ou 56,25%) do total de 96 UPs. No Cenário 2, a RNAP ocupou 42 UPs (4.200 km<sup>2</sup> ou 43,75%), ao passo que a Rede Natura 2000 sobrepõe 62 UPs (6.200 km<sup>2</sup> ou 64,58%) (Figura 13).

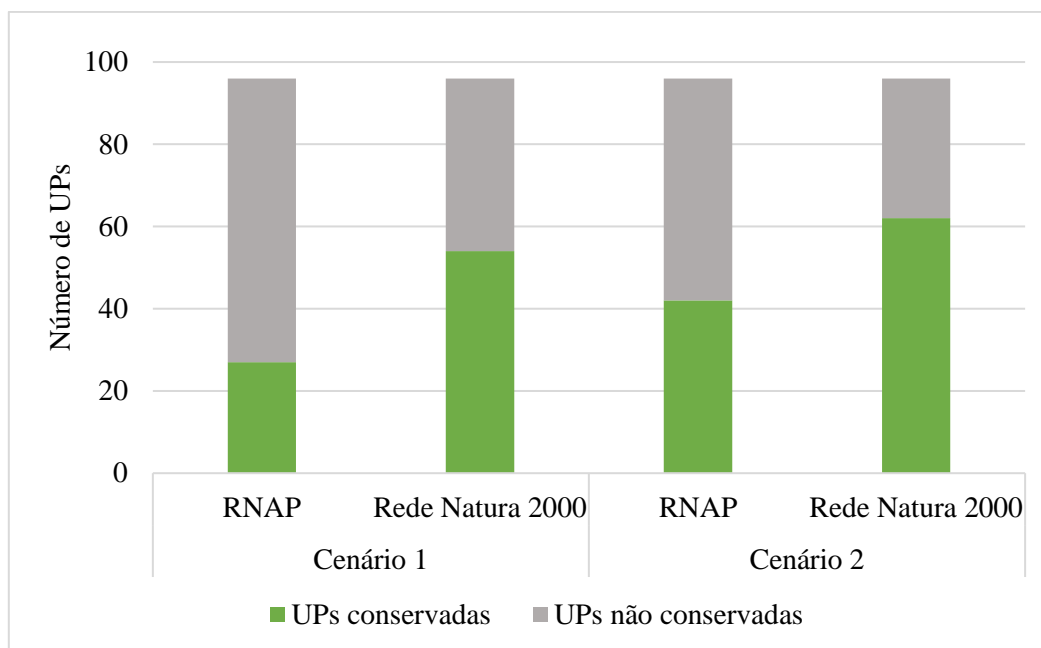


Figura 13 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às áreas classificadas de Portugal Continental para o grupo das aves.

No caso das aves, as melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan atingiram a meta de conservação de 228 espécies do total de 229 nos dois cenários. Enquanto isso, os sistemas de conservação atuais protegem conforme a meta 217 (RNAP) e 223 (Rede Natura 2000) espécies, o que se traduz em uma eficácia inferior às áreas selecionadas pelo Marxan. Para melhorar a eficácia das áreas classificadas, o programa selecionou e adicionou duas UPs (200 km<sup>2</sup>) à RNAP e uma (100 km<sup>2</sup>) à Rede Natura 2000 no Cenário 1 e, dessa forma, aumentou os números de espécies protegidas para 219 e 224, respectivamente. No Cenário 2, nove UPs (900 km<sup>2</sup>) foram acrescentadas à RNAP e cinco (500 km<sup>2</sup>) à Rede Natura 2000. Desta vez, os números de espécies protegidas aumentaram para 226 e 228, na devida ordem (Tabela 3).

Tabela 3 - Número de espécies do grupo das aves protegidas conforme a meta de conservação pelas áreas classificadas de Portugal Continental e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o *status* de conservação fixado em 2

Áreas classificadas	UPs ocupadas	N.º espécies protegidas	Cenários	N.º UPs adicionadas	Análises do Marxan
					N.º espécies protegidas
					<i>Status = 2</i>
RNAP	268	217	1	2	219
			2	9	226
Rede Natura 2000	520	223	1	1	224
			2	5	228

No caso da Rede Natura 2000, em especial por causa da tipologia ZPE, seria esperado que ela protegesse um número maior de espécies em comparação à RNAP, tanto por abranger uma área maior sobre o Território Continental (8.356,1 km<sup>2</sup> a mais, o equivalente a 51,31%) como pela finalidade de criação dessas áreas (proteção da avifauna). No entanto, a diferença de espécies protegidas pela RNAP e pela Rede Natura 2000 é mínima.

Em referência à distribuição das melhores soluções sobre a distribuição das espécies, observa-se que os algoritmos do *software* seguiram o padrão de seleção de áreas com maiores ocorrências de espécies. No Cenário 2, encontram-se dois conjuntos entre as regiões do Centro e Alentejo (18 UPs - 1.800 km<sup>2</sup> e 9 UPs - 900 km<sup>2</sup>), um conjunto na região Norte (16 UPs - 1.600 km<sup>2</sup>), um na Área Metropolitana de Lisboa (9 UPs - 900 km<sup>2</sup>), um em Alentejo (8 UPs - 800 km<sup>2</sup>) e um conjunto na região de Algarve (8 UPs - 800 km<sup>2</sup>). Sendo assim, no contexto deste estudo, essas áreas devem ter preferência em casos de implantação e/ou ampliação das áreas de conservação no país dado que elas abrigam uma quantidade maior de espécies, são mais compactas e, conseqüentemente, sofrem menos com o efeito de borda (Figura 14).

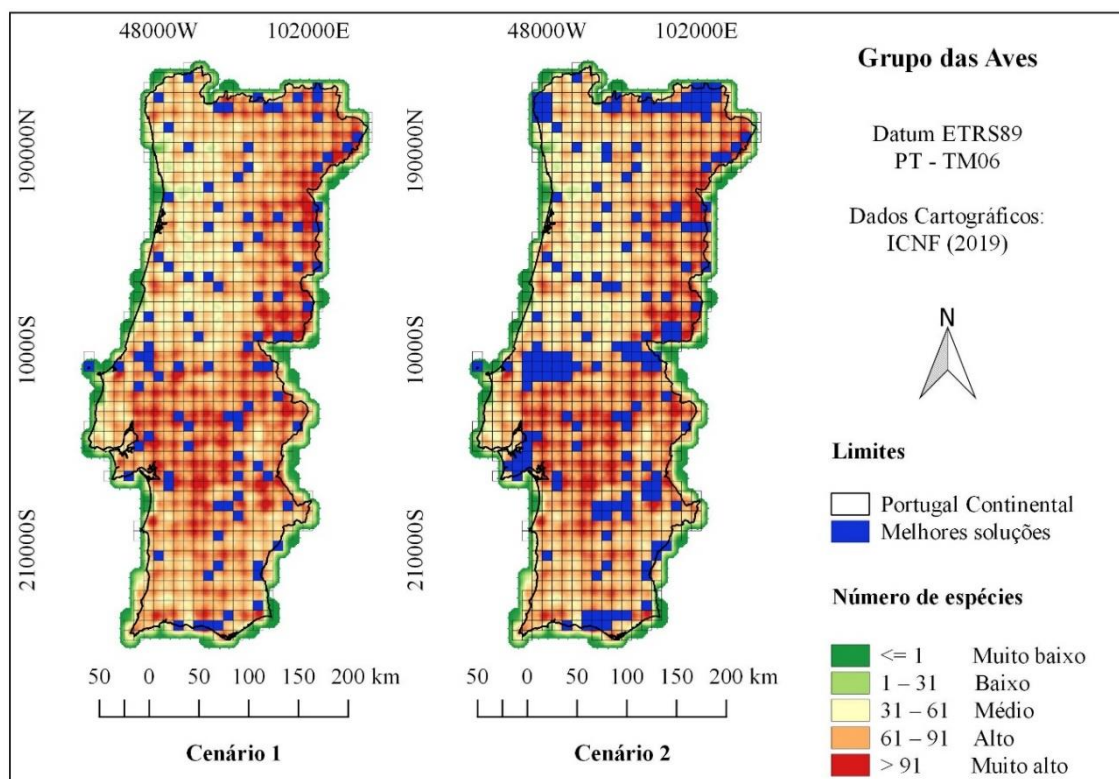


Figura 14 - Relação do número de espécies do grupo das aves e das melhores soluções definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o *status* de conservação fixado em 0.

#### 4.1.4 Grupo da flora

Quanto às plantas, o programa definiu 123 UPs (12.300 km<sup>2</sup>) no Cenário 1 e 172 UPs (17.200 km<sup>2</sup>) no Cenário 2 como melhores soluções de áreas de conservação (Figura 15). Os perímetros das soluções foram 4.000 km e 4.480 km, respectivamente.

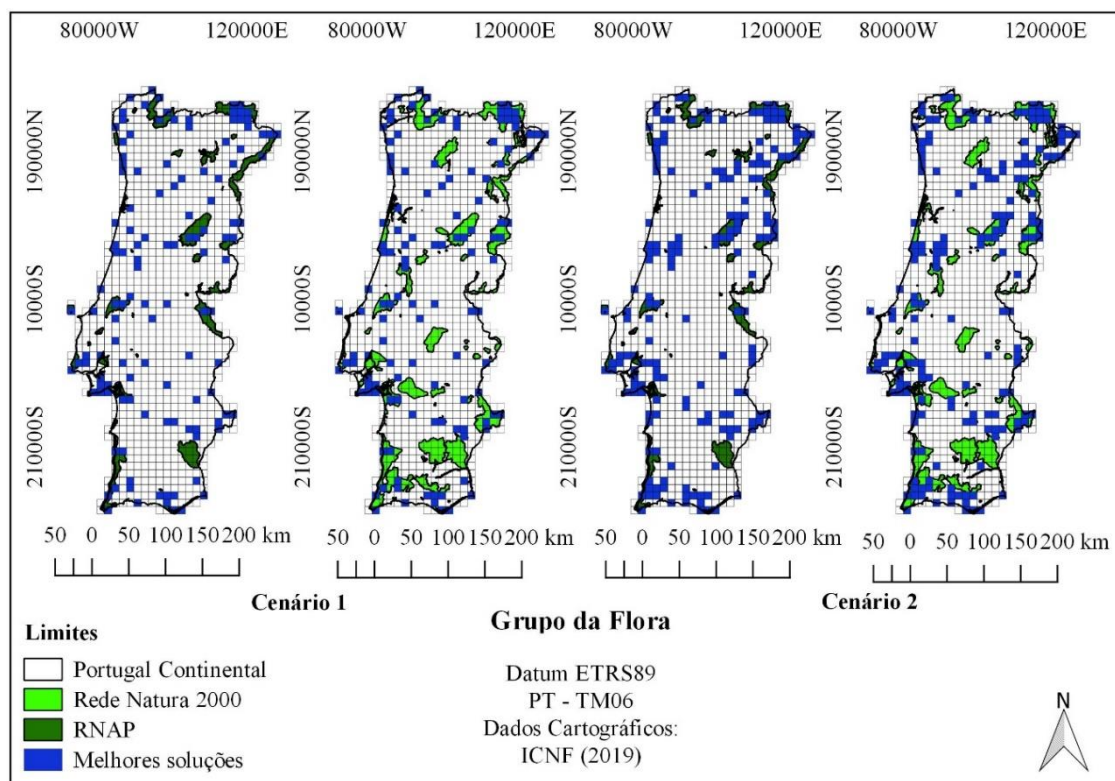


Figura 15 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo da flora definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o *status* de conservação fixado em 0. À esquerda de cada cenário, sobreposição entre as soluções e a RNAP. À direita, sobreposição entre as soluções e a Rede Natura 2000.

O que se observou nesta análise em comparação aos demais grupos de espécies, é que para o grupo da flora há uma grande quantidade de pontos (que representam a distribuição das espécies) com número de espécies muito baixo no Território Continental. Em função disso, representar todas essas espécies requer um número de UPs (área) muito alto e, também, um custo elevado. Por esse motivo, o Marxan deixou de representar diversas espécies nos dois cenários para ocupar uma área menor e manter o *score* da função objetivo baixo. Além disso, na calibração do MPR, também não foi possível determinar um valor que, simultaneamente, representasse todas as espécies, ocupasse uma área com dimensão próxima da obtida com o MPR de valor 0 e tivesse uma relação eficiente de perímetro e área. Mesmo assim, pode-se observar na Figura 15 que na solução do Cenário 2 o agrupamento de UPs é maior do que no Cenário 1.

No Cenário 1, a área total das melhores soluções excede 4.769,1 km<sup>2</sup> (37,55%) a área da RNAP e é 3.587 km<sup>2</sup> (22%) menor que a área da Rede Natura 2000. Em relação ao Cenário 2, a área total das soluções ultrapassa em 9.269,1 km<sup>2</sup> (53,89%) a área da

RNAP e em 913 km<sup>2</sup> (5,31%) a área da Rede Natura 2000. Em seguida, foi abordado a relação de área dos sistemas de conservação existentes em Portugal Continental e das melhores soluções do Marxan. No Cenário 1, 5 UPs (5.00 km<sup>2</sup> ou 43,90%) selecionadas coincidem com as áreas da RNAP e 85 UPs (8.500 km<sup>2</sup> ou 69,11%) estão sobre as áreas da Rede Natura 2000. Enquanto isso, no Cenário 2, 73 UPs (7.300 km<sup>2</sup> ou 42,44%) do conjunto de melhores áreas para conservação sobrepõem a RNAP e 121 UPs (12.100 km<sup>2</sup> ou 70,35%) estão sobre a Rede Natura 2000 (Figura 16).

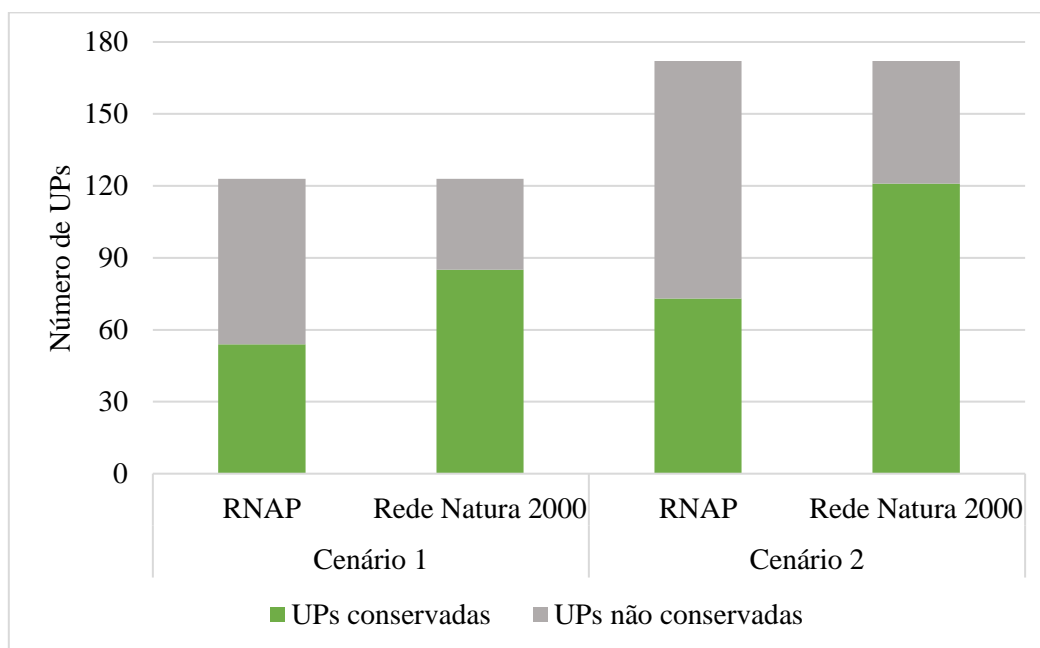


Figura 16 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às áreas classificadas de Portugal Continental para o grupo da flora.

No grupo da flora, os números de espécies protegidas nos conjuntos de melhores soluções definidas pelo Marxan foram diferentes nos dois cenários. No Cenário 1, 2.603 espécies do total de 2.669 atingiram a meta de conservação. Por outro lado, no Cenário 2, 2.645 espécies foram completamente representadas conforme a meta no conjunto de UPs selecionadas. Mesmo que as UPs selecionadas como melhores soluções não sejam suficientes para proteger todas as espécies, os resultados são mais eficazes do que os das áreas classificadas. Foi verificado que, nas circunstâncias atuais, a RNAP e a Rede Natura 2000 abrigam 10% do total de pontos de distribuição espacial de cada espécie de 2.378 e 2.578 espécies, respectivamente. Ao considerar as áreas de conservação na análise do Marxan (*status* = 2), o *software* selecionou e adicionou, no Cenário 1, 49 UPs (4.900 km<sup>2</sup>)

à RNAP e 19 UPs (1.900 km<sup>2</sup>) à Rede Natura 2000. Os números de espécies conservadas aumentaram para 2.618 (RNAP) e 2.641 (Rede Natura 2000). No Cenário 2, o programa acrescentou 88 UPs (8.800 km<sup>2</sup>) à RNAP e 44 UPs (4.400 km<sup>2</sup>) à Rede Natura 2000 e os números de espécies protegidas ampliaram para 2.657 e 2.666, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4 - Número de espécies do grupo da flora protegidas conforme a meta de conservação pelas áreas classificadas de Portugal Continental e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o *status* de conservação fixado em 2

Áreas classificadas	UPs ocupadas	N.º espécies protegidas	Cenários	N.º UPs adicionadas	Análises do Marxan
					N.º espécies protegidas
					<i>Status</i> = 2
RNAP	268	2.378	1	49	2.618
			2	88	2.657
Rede Natura 2000	520	2.578	1	19	2.641
			2	44	2.666

As áreas selecionadas como melhores soluções de áreas de conservação para a flora são aquelas com maior número de espécies, salvo em casos de endemismos regionais (Figura 17). Diferente dos outros grupos de espécies, as melhores áreas selecionadas para o grupo da flora apresentaram uma particularidade no Cenário 1. Mesmo com o MPR ajustado em 0 (sem ênfase na compactação), ocorreram três conjuntos de UPs compactas. Um no Nordeste do país (9 UPs - 900 km<sup>2</sup>), um na região do Algarve (7 UPs - 700km<sup>2</sup>) e dois na Área Metropolitana de Lisboa (6 UPs - 600 km<sup>2</sup> e 4 UPs - 400 km<sup>2</sup>). Possivelmente, isso ocorreu em função dessas áreas terem um número muito alto de espécies, o suficiente para atingir a meta de conservação e, também, porque muitas espécies têm distribuição restrita. No Cenário 2, observou-se diversos conjuntos de UPs compactas distribuídos pelo Território Continental e poucas UPs isoladas. Os conjuntos mais expressivos, ou seja, com o maior número de UPs compactas, se encontram no Nordeste do país (um de 10 UPs - 1.000 km<sup>2</sup>), no Centro (um de 10 UPs - 1.000 km<sup>2</sup>), na região do Algarve (um de 9 UPs - 900km<sup>2</sup> e um de 8 UPs - 800 km<sup>2</sup>) e na Área Metropolitana de Lisboa (três conjuntos que, apesar de não estarem bem compactos estão unidos entre si pelos vértices das UPs: dois de 7 UPs - 700km<sup>2</sup> e um de 6 UPs - 600 km<sup>2</sup>).

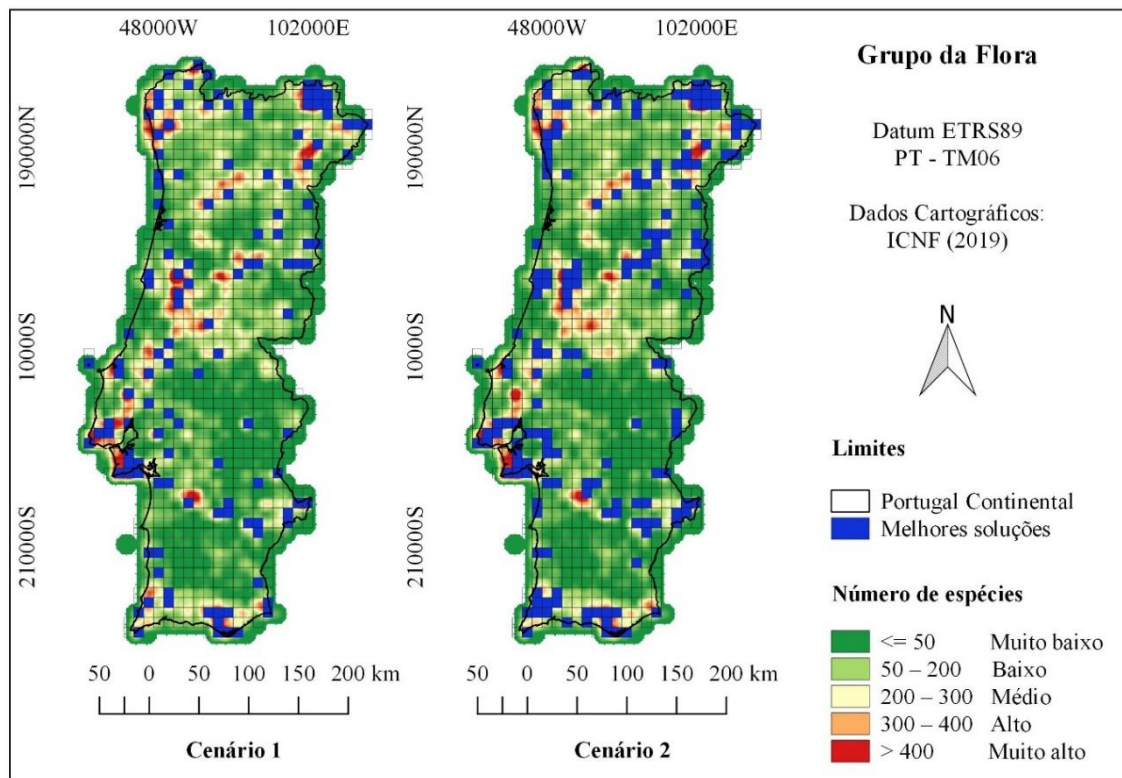


Figura 17 - Relação do número de espécies do grupo da flora e das melhores soluções definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o *status* de conservação fixado em 0.

#### 4.1.5 Todos os grupos de espécies

Por fim, foi realizado a análise para todos os grupos de espécies juntos. Nesta circunstância, o programa selecionou 140 UPs (14.000 km<sup>2</sup>) no Cenário 1 e 174 UPs (17.400 km<sup>2</sup>) no Cenário 2 como melhores soluções de áreas de conservação (Figura 18). Os perímetros totais dos cenários foram 4.600 e 4.620 km, respectivamente. Possivelmente, os resultados tiveram influência do grupo da flora devido seu maior número de espécies. O padrão de seleção das UPs pelo Marxan foi semelhante ao grupo da flora nos dois cenários, o que confirma a hipótese levantada. Além disso, assim como no grupo da flora, não foi possível obter um valor de MPR com boa relação de perímetro e área. Isso pode ter ocorrido em função do grande número de espécies em análise, que necessita de grandes extensões de áreas para serem completamente abrigadas conforme a meta de conservação.

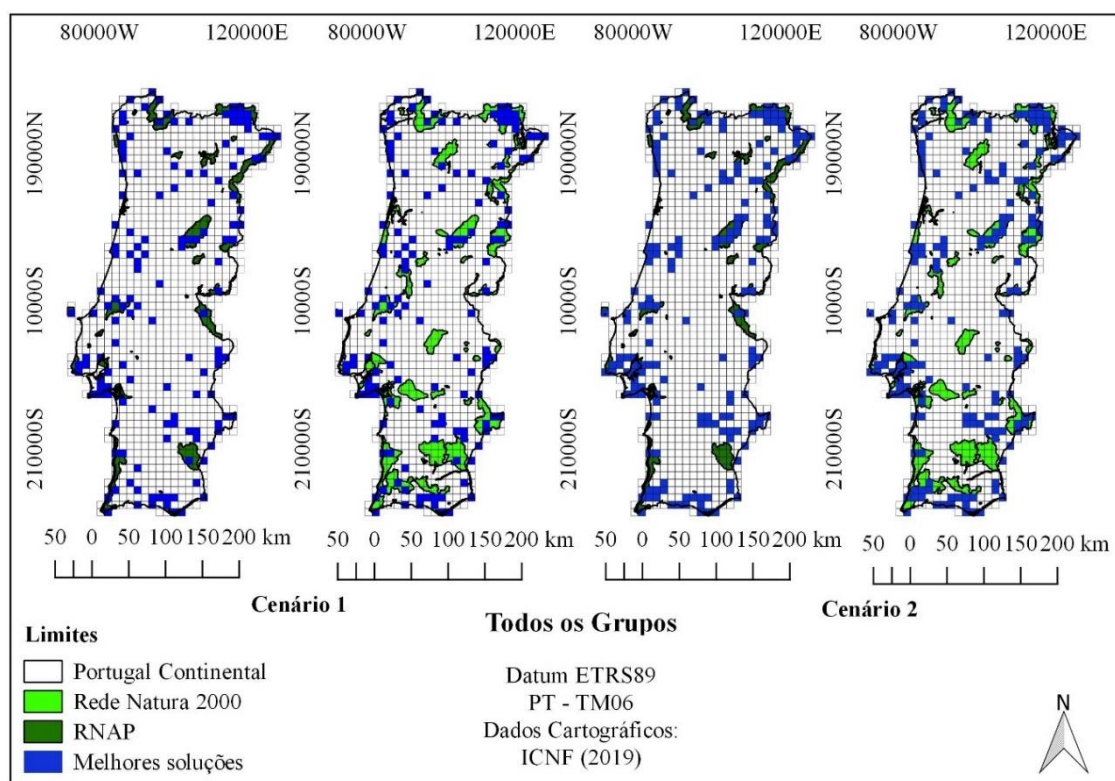


Figura 18 - Melhores soluções de áreas de conservação para todos os grupos de espécies definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o *status* de conservação fixado em 0. À esquerda de cada cenário, sobreposição entre as soluções e a RNAP. À direita, sobreposição entre as soluções e a Rede Natura 2000.

A relação entre áreas demonstra que a área total das soluções do Marxan é 6.069,1 km<sup>2</sup> (43,35%) maior que a área da RNAP e 2.287 km<sup>2</sup> (14,04%) menor que a área da Rede Natura 2000 no Cenário 1. No Cenário 2, a área das melhores soluções excede em 9.469,1 km<sup>2</sup> (54,42%) a dimensão da RNAP e 1.113 km<sup>2</sup> (6,40%) a área da Rede Natura 2000. Além disso, também foi verificado quantas UPs selecionadas pelo Marxan coincidiam com as áreas classificadas. No Cenário 1, 61 UPs (6.100 km<sup>2</sup> ou 43,57%) sobrepõem as áreas da RNAP e 101 UPs (10.100 km<sup>2</sup> ou 72,14%) coincidem com as áreas da Rede Natura 2000. No Cenário 2, por sua vez, 75 UPs (7.500 km<sup>2</sup> ou 43,10%) estão sobre as áreas da RNAP e 122 UPs (12.200 km<sup>2</sup> ou 70,11%) sobre as áreas da Rede Natura 2000 (Figura 19).

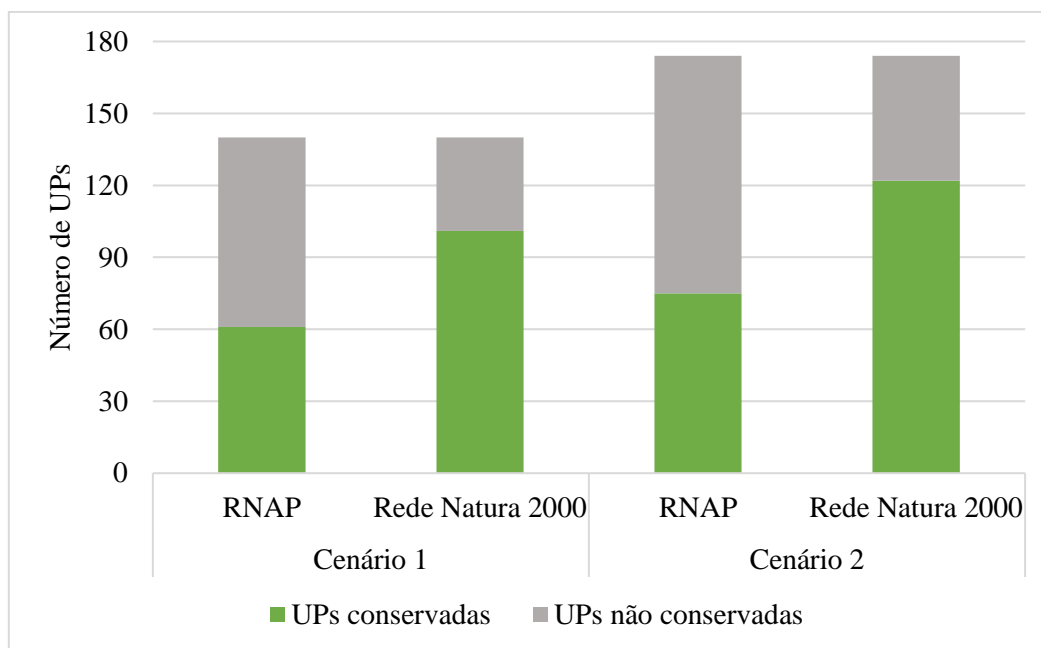


Figura 19 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às áreas classificadas de Portugal Continental para todos os grupos de espécies.

Em relação às espécies protegidas conforme a meta de conservação, foi verificado que as melhores soluções de áreas de conservação protegem 2.891 espécies no Cenário 1 e 2.921 no Cenário 2 do total de 2.948 espécies. Por outro lado, a RNAP atinge a meta de conservação de 2.673 espécies e a Rede Natura 2000 2.879. Para aprimorar os resultados das áreas classificadas, o programa selecionou e adicionou 51 UPs (5.100 km<sup>2</sup>) à RNAP e 17 UPs (1.700 km<sup>2</sup>) à Rede Natura 2000 no Cenário 1. Com os acréscimos de áreas, a RNAP passou a conservar conforme a meta 2.891 espécies e a Rede Natura 2000 2.911. No Cenário 2, o programa complementou a RNAP com 98 UPs (9.800 km<sup>2</sup>) e a Rede Natura 2000 com 50 UPs (5.000 km<sup>2</sup>). Neste caso, os números de espécies protegidas aumentaram para 2.936 e 2.945, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 - Número de espécies de todos os grupos protegidas conforme a meta de conservação pelas áreas classificadas de Portugal Continental e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o *status* de conservação fixado em 2

Áreas classificadas	UPs ocupadas	N.º espécies protegidas	Cenários	N.º UPs adicionadas	Análises do Marxan
					N.º espécies protegidas
					<i>Status = 2</i>
RNAP	268	2.673	1	51	2.891
			2	98	2.936
Rede Natura 2000	520	2.879	1	17	2.911
			2	50	2.945

Foi possível observar que a seleção do programa Marxan ocorreu nas áreas com maiores ocorrências e, para atingir a meta para o máximo de espécies, houve algumas exceções e seleções em sítios com menores ocorrências em virtude de fatores como endemismos regionais (Figura 20). Assim como ocorreu no grupo da flora, mesmo sem ênfase na compactação (MPR fixado em 0), o Marxan selecionou para todos os grupos de espécies juntos alguns conjuntos de UPs compactas no Cenário 1. Esta ocorrência foi verificada no Nordeste do país (10 UPs - 1.000 km<sup>2</sup>), na região de Algarve (8 UPs - 800 km<sup>2</sup>), na Área Metropolitana de Lisboa (6 UPs - 600km<sup>2</sup>), além de outros pequenos conjuntos espalhados pelo Território Continental. No Cenário 2, a maioria das áreas selecionadas são compactas, salvo algumas poucas UPs que se encontram isoladas (provavelmente para proteger espécies endémicas). Os conjuntos mais compactos encontram-se na Área Metropolitana de Lisboa (20 UPs - 2.000 km<sup>2</sup>), no Nordeste do país (11 UPs - 1.100 km<sup>2</sup>), na região de Algarve (um conjunto de 11 UPs - 1.100 km<sup>2</sup> e outro de 7 UPs - 700km<sup>2</sup>) e na região Central (9 UPs - 900km<sup>2</sup>).

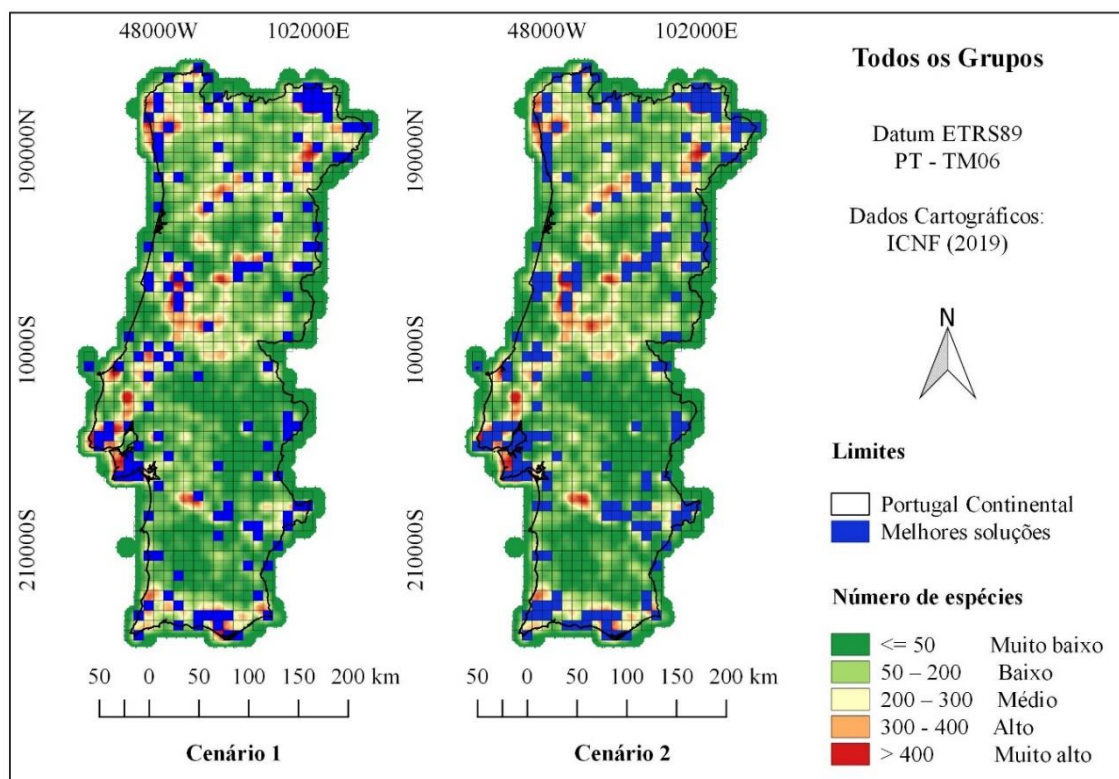


Figura 20 - Relação do número de espécies de todos os grupos e das melhores soluções definidas pelo Marxan em Portugal Continental para o *status* de conservação fixado em 0.

#### 4.1.6 Síntese para Portugal Continental

Os resultados obtidos possibilitam algumas constatações acerca da adequação das áreas classificadas à distribuição da biodiversidade em Portugal Continental. Ao avaliar os grupos de espécies separadamente, foi possível verificar que, em relação à meta de conservação, os sistemas de conservação atuais apresentam resultados melhores que as soluções do Marxan somente para a os anfíbios. Nos demais grupos, observou-se que é necessário complementar as áreas para que os referidos sistemas representem as espécies ao nível das melhores soluções. No entanto, mesmo com o acréscimo de UPs, muitas espécies continuam sem ser representadas conforme a meta. Em contrapartida, as UPs selecionadas como melhores soluções pelo Marxan abrigam a mesma quantidade de espécies ou mais que os sistemas de conservação atuais, com exceção do grupo dos anfíbios. Cabe ressaltar que a área total das melhores soluções ocupa uma dimensão razoável no Território Continental comparada às referidas áreas classificadas. Somente a

área da RNAP foi menor em todas as análises, enquanto a Rede Natura 2000 sempre apresentou extensão territorial maior, salvo na análise do grupo da flora

Foi possível verificar que a distribuição espacial da Rede Natura 2000 coincidiu com as melhores soluções do Marxan em maior proporção comparado à RNAP, contudo, no geral, ambas áreas classificadas possuem baixa representação sobre as melhores soluções. A maior representação observada foi na análise para todos os grupos de espécies no Cenário 2, na qual a RNAP coincidiu com 72,14% das UPs selecionadas como melhores soluções. Nos demais grupos, sobretudo no Cenário 1, as porcentagens de representação são baixas. Apesar disso, é provável que as atuais áreas de conservação já apresentem um papel fundamental na área de estudo, contribuindo de maneira social, econômica e ecológica. Os resultados obtidos não refletem que os sistemas de conservação atuais devem ser substituídos pelas melhores soluções, mas, sim, que podem servir para complementação de suas áreas.

Sob a perspectiva de todos os grupos juntos, verificou-se que o padrão de seleção de UPs pelo Marxan foi parecido com o grupo da flora nos dois cenários, o que pode ser explicado pelo fato do grupo da flora ter um número de espécies muito maior comparado com os outros grupos e, como consequência, ter uma grande influência na seleção feita pelos algoritmos do Marxan. Foi verificado que a Rede Natura 2000 conserva um número maior de espécies do que a RNAP em relação à meta de conservação, possivelmente por abranger uma área maior sobre o Território Continental (8.356,1 km<sup>2</sup> a mais, o que equivale a 51,31%) e porque a maior parte da área da RNAP coincide com a área da Rede Natura 2000. Independente das circunstâncias dos sistemas de conservação atuais, geralmente a seleção de UPs feita pelo programa Marxan consegue abranger um número maior de espécies com amostras de pelo menos 10% do total de pontos que representam a distribuição de cada uma delas. Ainda que a área total das melhores soluções tenha sido maior que as áreas totais da RNAP e da Rede Natura 2000, sua dimensão é razoável comparada às respectivas áreas classificadas.

Em alguns casos de seleção de UPs (para o grupo da flora e todos os grupos juntos), foi observado alguns conjuntos de UPs compactas mesmo com o MPR fixado em 0 (sem ênfase na compactação). É possível que estes resultados decorreram do elevado número de espécies nas referidas UPs, com amostras mínimas para atingir a meta de conservação, e por causa da distribuição restrita de algumas espécies. Também foi

observado que a seleção das UPs de melhores áreas para conservação das espécies ocorreu nos sítios com maiores riqueza específica (apesar que este não foi o fator determinante de seleção dos algoritmos). Além disso, geralmente, as soluções que enfatizam a compactação das UPs (Cenário 2) protegem o mesmo número de espécies ou superior do que as soluções que não consideram a compactação (Cenário 1) e ocupam maior área.

## 4.2 ANÁLISE DA ADEQUAÇÃO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

### 4.2.1 Grupo dos anfíbios

O programa Marxan selecionou 199 UPs (19.900 km<sup>2</sup>) como as melhores soluções no Cenário 1 e 200 UPs (20.000 km<sup>2</sup>) no Cenário 2 com perímetros de, respectivamente, 7.220 e 3.300 km (Figura 21).

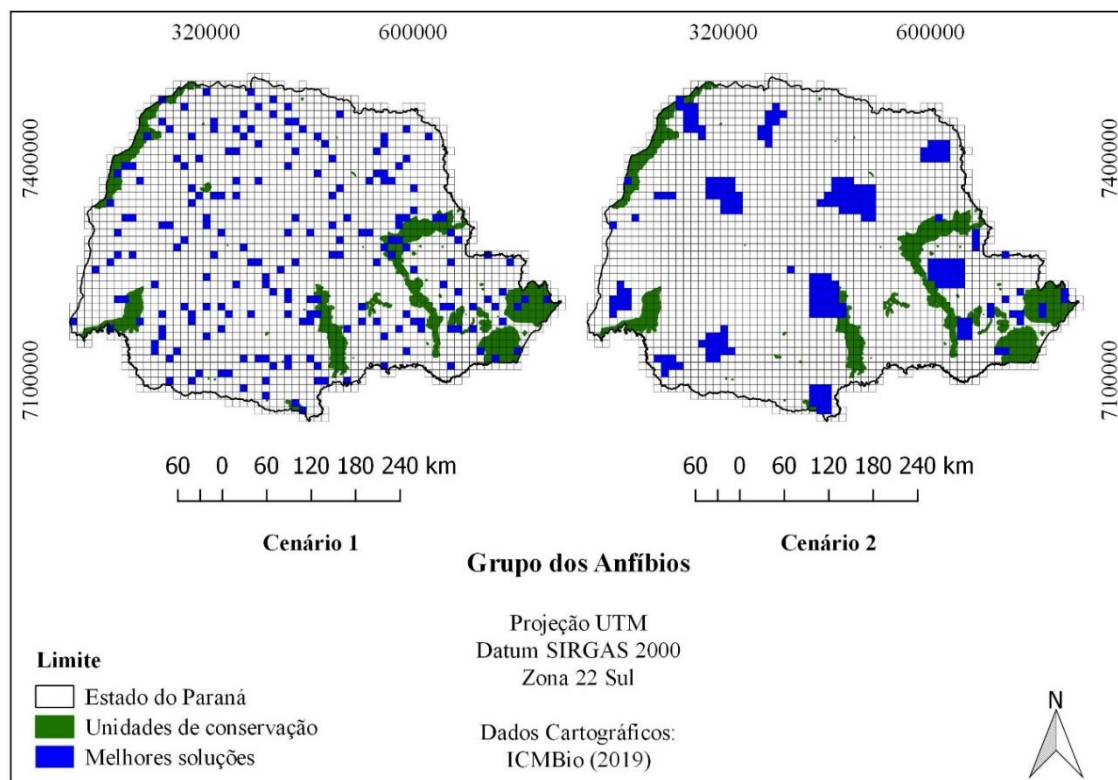


Figura 21 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo dos anfíbios definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o *status* de conservação fixado em 0.

A comparação entre áreas totais revela que o conjunto de melhores soluções possui dimensão superior à área das UCs no cenário 1 (787,36 km<sup>2</sup> ou 3,96%) e no

Cenário 2 (887,36 km<sup>2</sup>, o equivalente a 4,44%). Além disso, também foi verificado a quantidade de UPs que coincidem com as áreas das UCs nos dois cenários. No Cenário 1, 34 UPs (3.400 km<sup>2</sup> ou 17,09%) coincidem com as UCs e no Cenário 2 somente 22 UPs (2.200 km<sup>2</sup> ou 11%) (Figura 22).

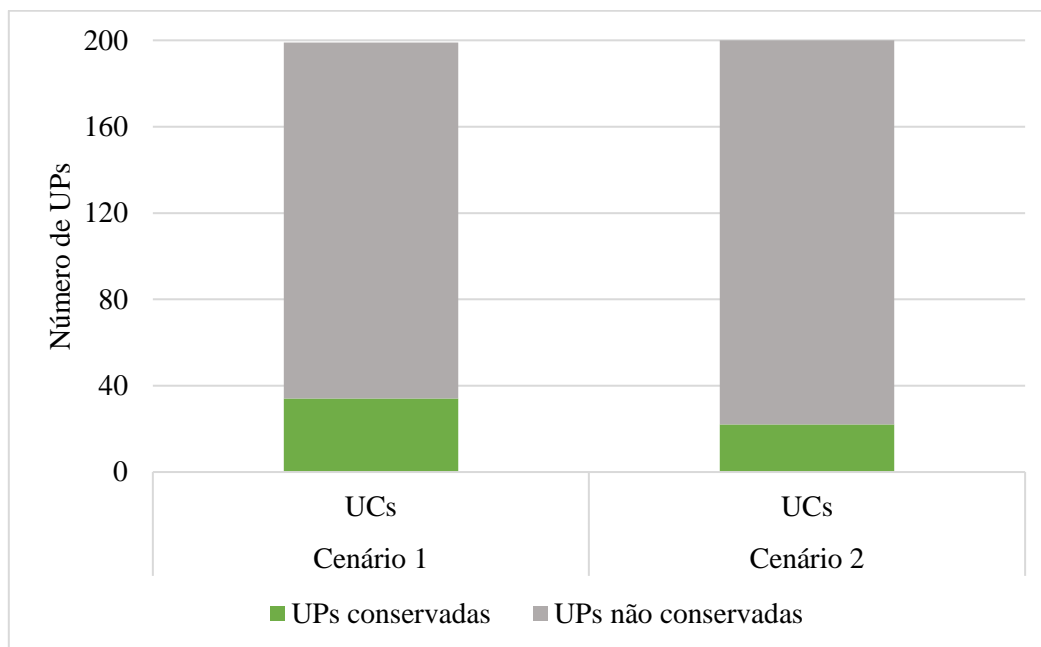


Figura 22 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às UCs do Estado do Paraná, Brasil, para o grupo dos anfíbios.

Os números de espécies protegidas pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan são superiores ao das UCs. Verificou-se que, no Cenário 1, 130 do total de 132 espécies atingiram a meta de conservação, enquanto que, no Cenário 2, 131 espécies foram completamente protegidas. Ao alterar o *status* das UPs já conservadas para 2, o programa indicou que as UCs representam adequadamente (ou seja, atingem a meta de conservação) 122 espécies. Para aprimorar a situação das UCs, o Marxan selecionou e adicionou 36 UPs (3.600 km<sup>2</sup>) no Cenário 1 e 39 UPs (3.900 km<sup>2</sup>) no Cenário 2. Como resultado, o número de espécies conservadas aumentou para 127 e 130, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6 - Número de espécies do grupo dos anfíbios protegidas conforme a meta de conservação pelas UCs do Estado do Paraná, Brasil, e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o *status* de conservação fixado em 2

UPs ocupadas pelas UCs	N.º espécies protegidas	Cenários	N.º de UPs adicionadas	Análises do Marxan
				N.º espécies protegidas <i>Status</i> = 2
399	122	1	36	127
		2	39	130

A ocorrência das espécies dos anfíbios é relativamente bem distribuída pela área de estudo. Em razão disso, a seleção das UPs pelo Marxan também foi bem espalhada pelo território do Paraná nos dois cenários (Figura 23).

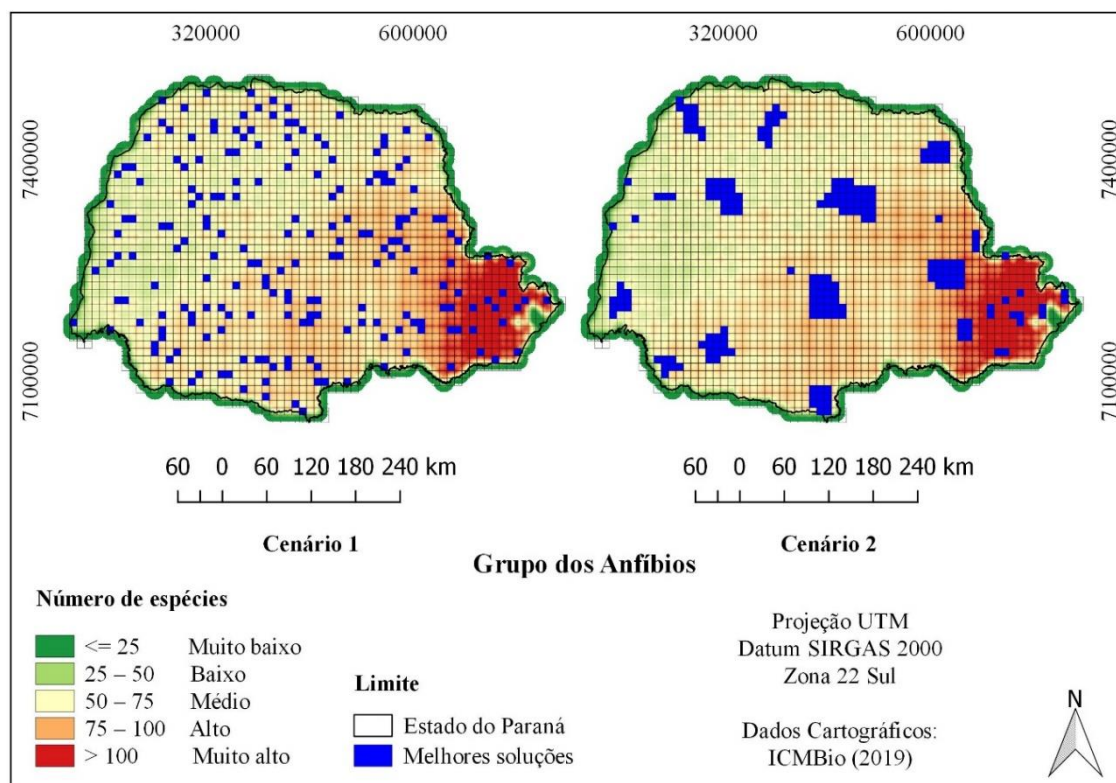


Figura 23 - Relação do número de espécies do grupo dos anfíbios e das melhores soluções definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o *status* de conservação fixado em 0.

Observa-se na Figura 23 que a seleção ocorreu, sobretudo, nos sítios em que o número de espécies varia entre 50 a 100 espécies (classes Médio e Alto). Para complementar o conjunto de UPs e representar adequadamente as espécies (ou seja, até atingir a meta de conservação), o programa também selecionou áreas com baixa riqueza específica. No Cenário 2, há diversos conjuntos de UPs compactas dispersos pela área de

estudo, sendo os maiores: 31 UPs (3.100 km<sup>2</sup>) entre as regiões Noroeste, Norte e Centro Oriental; 25 UPs (2.500 km<sup>2</sup>) no Centro Oriental com pequenas porções de área sobre a Área Metropolitana de Curitiba; 19 UPs (1.900 km<sup>2</sup>) no Centro-Sul com pequenas porções de áreas sobre o Sudeste; e 19 UPs (1.900 km<sup>2</sup>) entre o Noroeste e Centro Ocidental. Esses conjuntos podem ser considerados pelas partes interessadas (tomadores de decisão, agricultores, pescadores etc.) relativamente extensos em relação às UCs já existentes e podem, provavelmente, acarretar conflitos em possíveis implantações. Entretanto, a tipologia Área de Proteção Ambiental (APA) das UCs pode ser implantada sobre quaisquer sítios, inclusive áreas urbanas, de agricultura, pecuária e indústrias. A implantação das APAs apenas disciplina o uso e ocupação do solo e dos recursos naturais a partir de um acordo feito com as partes interessadas, em vez de limitar e proibir.

#### 4.2.2 Grupo dos répteis

Para o grupo dos répteis, 199 UPs (19.900 km<sup>2</sup>) foram selecionadas como melhores soluções de áreas de conservação nos Cenários 1 e 2 (Figura 24). No Cenário 1 o perímetro das soluções foi 7.360 km e no Cenário 2 foi 4.440 km.

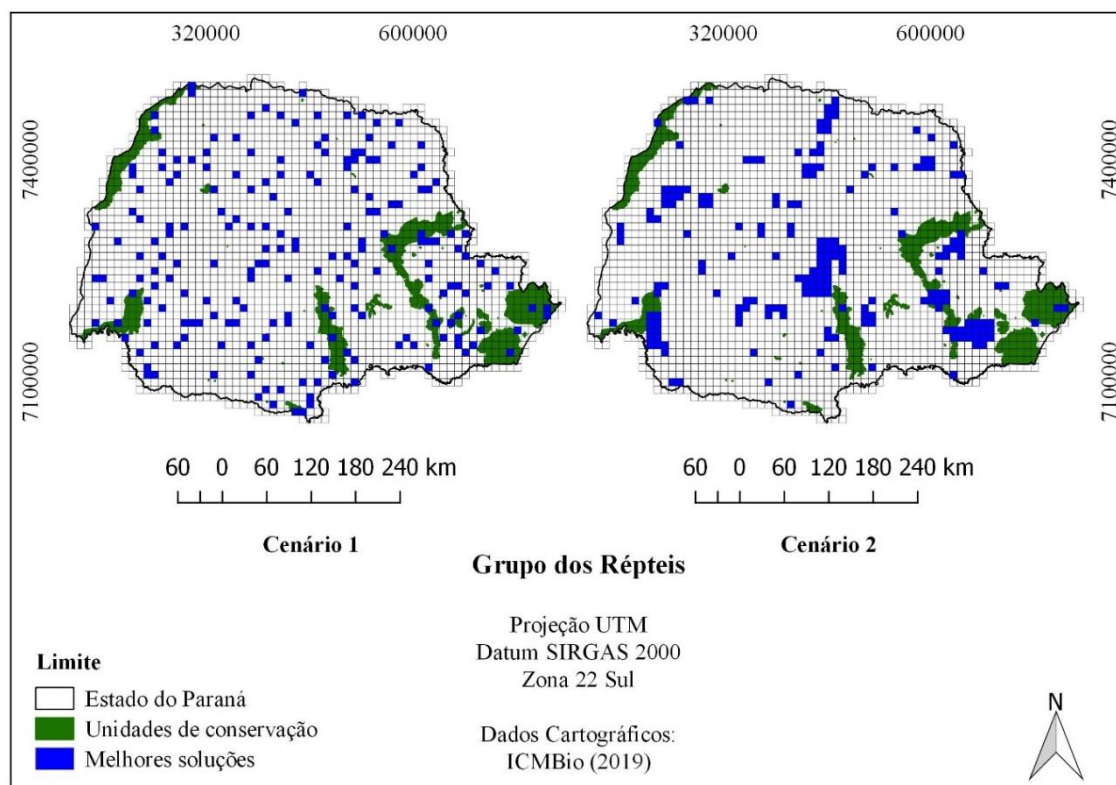


Figura 24 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo dos répteis definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o *status* de conservação fixado em 0.

Foi verificado que a área total das melhores soluções excede 787,36 km<sup>2</sup> (3,96%) a área total das UCs nos dois cenários. Ao sobrepor as UPs selecionadas pelo Marxan sobre as áreas de conservação, foi possível apurar que, no Cenário 1, somente 16 UPs (1.600 km<sup>2</sup> ou 8,04%) do total de 199 UPs coincidem com as áreas das UCs, enquanto que, no Cenário 2, apenas 22 UPs (2.200 km<sup>2</sup> ou 11,06%) ocupam as mesmas áreas (Figura 25).

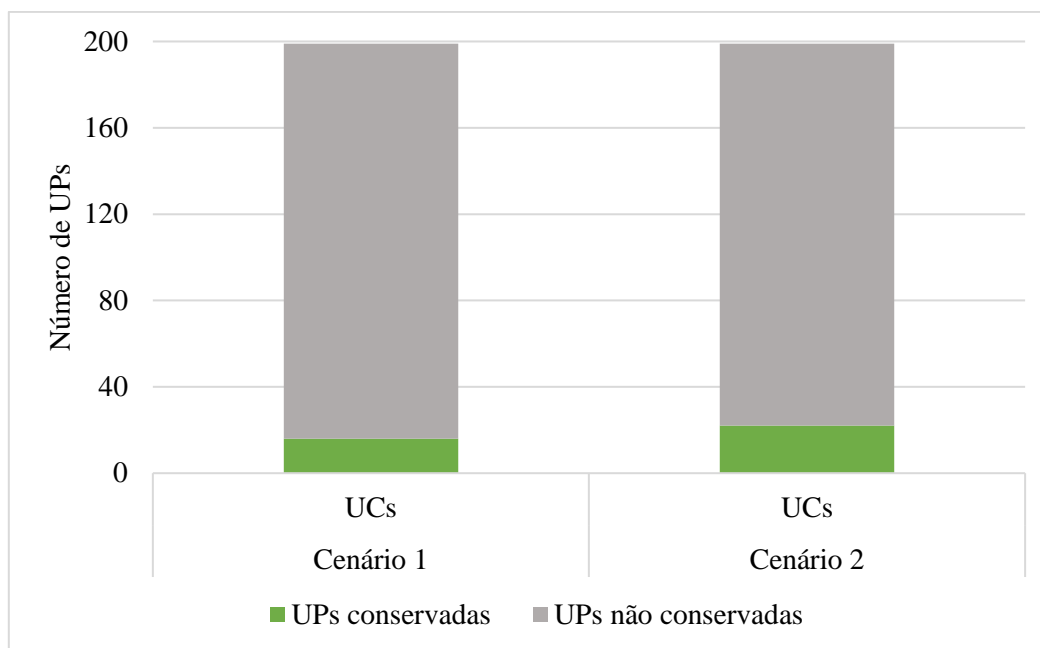


Figura 25 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às UCs do Estado do Paraná, Brasil, para o grupo dos répteis.

Nos dois cenários, todas as 31 espécies de répteis foram completamente representadas nas áreas selecionadas como melhores soluções. As UCs, por outro lado, não apresentam resultados tão eficazes. Ao considerar as UCs na análise do programa, foi possível verificar que elas atingem a meta de conservação somente de 27 espécies. Nesta análise, o programa também selecionou e acrescentou 25 UPs (2.500 km<sup>2</sup>) às UCs nos dois cenários, o que garantiu que as referidas áreas de conservação protegessem 30 espécies conforme a meta (Tabela 7).

Tabela 7 - Número de espécies do grupo dos répteis protegidas conforme a meta de conservação pelas UCs do Estado do Paraná, Brasil, e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o *status* de conservação fixado em 2

UPs ocupadas pelas UCs	N.º espécies protegidas	Cenários	N.º de UPs adicionadas	Análises do Marxan
				N.º espécies protegidas
<i>Status = 2</i>				
399	27	1	25	30
		2	25	30

A seguir, é exposto as constatações realizadas em relação à disposição das áreas de conservação definidas pelo programa Marxan e a quantidade de espécies (Figura 26).

Pode-se observar que a seleção das melhores soluções ocorreu predominantemente nas áreas com maior número de espécies, salvo poucas exceções em áreas com menor número (nas bordas do limite do Estado). No Cenário 2, encontram-se alguns conjuntos de UPs mais compactas, no entanto também há diversas UPs isoladas e distribuídas pela área de estudo, o que significa, possivelmente, que são áreas selecionadas para complementar as melhores soluções e garantir que a meta seja cumprida. Os maiores conjuntos encontram-se entre as regiões Centro-Sul, Noroeste e Sudeste (31 UPs - 3.100 km<sup>2</sup>) e na Área Metropolitana de Curitiba (19 UPs - 1.900 km<sup>2</sup>), havendo também outros conjuntos menores distribuídos pela área de estudo.

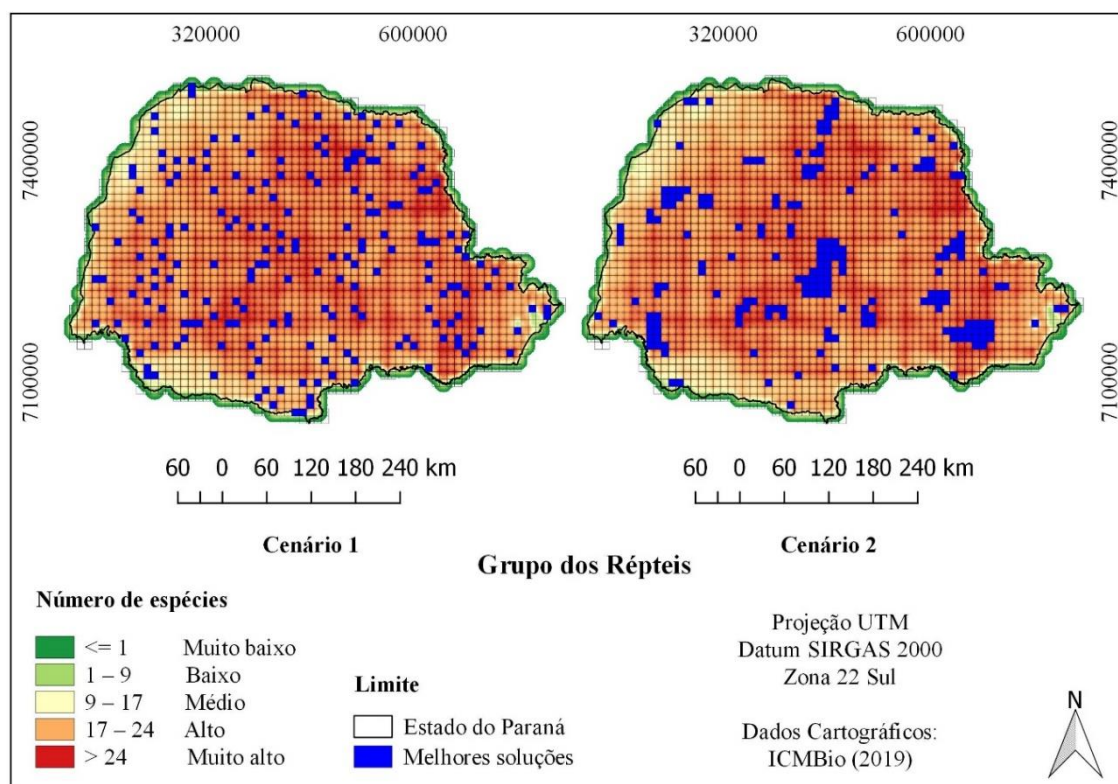


Figura 26 - Relação do número de espécies do grupo dos répteis e das melhores soluções definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil.

#### 4.2.3 Grupo dos mamíferos

No grupo dos mamíferos, 200 UPs (20.000 km<sup>2</sup>) foram selecionadas como melhores áreas de conservação pelo Marxan no Cenário 1 e 201 UPs (20.100 km<sup>2</sup>) no Cenário 2 (Figura 27). Os perímetros totais das soluções foram 7.320 e 3.240 km, na devida ordem dos cenários.

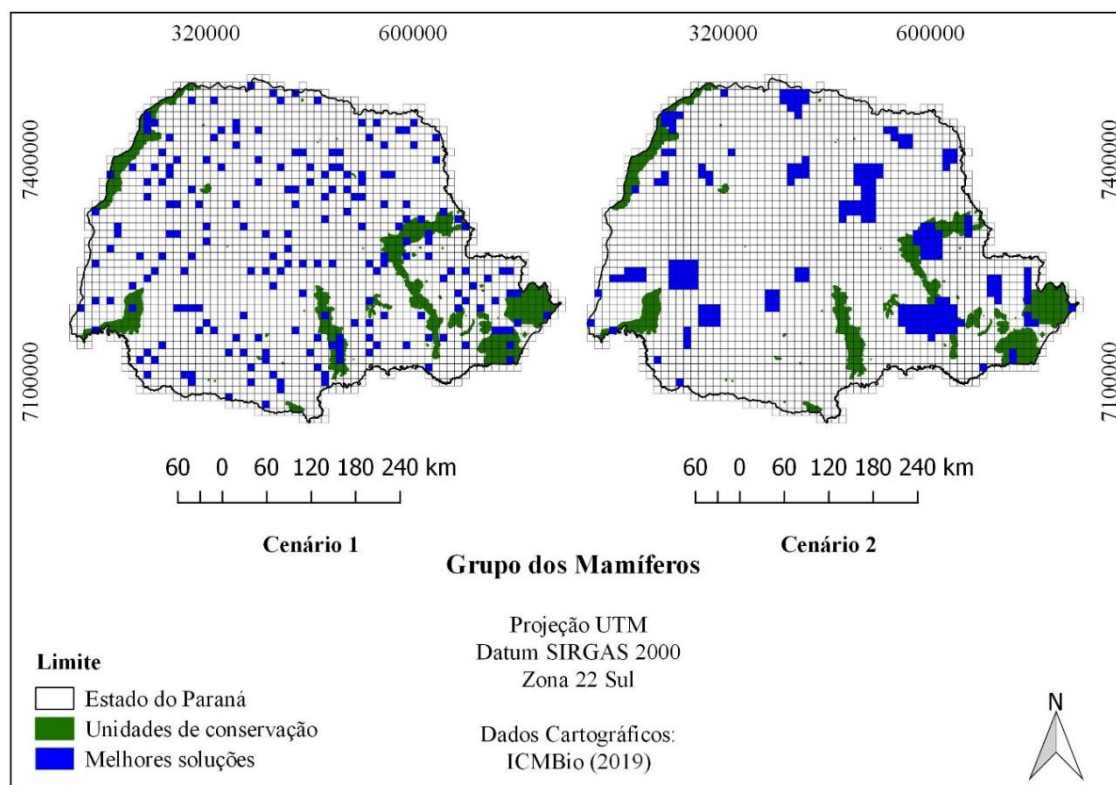


Figura 27 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo dos mamíferos definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o *status* de conservação fixado em 0.

Dos resultados obtidos, foi verificado que a área total das melhores soluções excede 887,36 km<sup>2</sup> (4,44%) a área total das UCs no Cenário 1 e 987,36 km<sup>2</sup> (4,91%) no Cenário 2. Os resultados também mostram que as UCs possuem baixa representação sobre as melhores soluções. Ao sobrepor uma área sobre a outra, constatou-se que, no Cenário 1, 18 UPs (1.800 km<sup>2</sup> ou 9%) das melhores soluções coincidem com as UCs, ao passo que, no Cenário 2, somente 20 (2.000 km<sup>2</sup> ou 10%) coincidem (Figura 28).

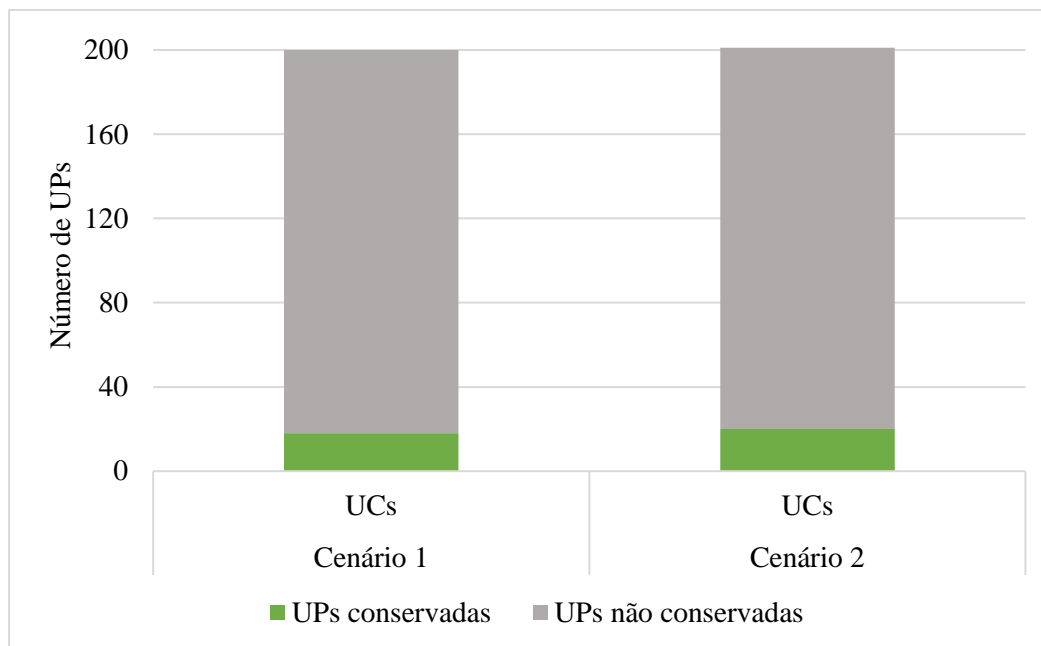


Figura 28 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às UCs do Estado do Paraná, Brasil, para o grupo dos mamíferos.

Em relação ao número de espécies de mamíferos protegidas pelas áreas de conservação, foi observado que as melhores soluções apresentam resultados mais eficazes do que as UCs. Em específico para esse grupo, a compactação das UPs não foi favorável para a conservação das espécies. No Cenário 1, 228 espécies foram adequadamente representadas conforme a meta de conservação do total de 229 espécies, enquanto que, no Cenário 2, 227 espécies atingiram a meta. Quanto às UCs, o programa indicou que as referidas áreas de conservação atingem a meta somente de 208 espécies. Além disso, para melhor a eficácia das UCs, o Marxan selecionou e adicionou 29 UPs (2.900 km<sup>2</sup>) no Cenário 1 e 31 UPs (3.100 km<sup>2</sup>) no Cenário 2. Nessas condições, 226 espécies foram completamente protegidas no Cenário 1 e todas no Cenário 2 (Tabela 8).

Tabela 8 - Número de espécies do grupo dos mamíferos protegidas conforme a meta de conservação pelas UCs do Estado do Paraná, Brasil, e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o *status* de conservação fixado em 2

UPs ocupadas pelas Ucs	N.º espécies protegidas	Cenários	N.º de UPs adicionadas	Análises do Marxan
				N.º espécies protegidas
<i>Status = 2</i>				
399	208	1	29	226
		2	31	229

Por fim, foi realizada a análise da disposição das melhores soluções sobre a distribuição de espécies (Figura 29). A ocorrência dos mamíferos é bem distribuída pela área de estudo, com alto número de espécies por todo o território, mesmo se tratando de espécies que se encontram na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas de Extinção do IUCN (2019). Esse é o motivo pelo qual acredita-se que a seleção das UPs pelo Marxan também tenha sido bem distribuída pela área de estudo. No Cenário 1 foi observado que, mesmo sem ênfase na compactação, algumas UPs selecionadas estavam agrupadas. Os referidos conjuntos de UPs se encontram nas regiões Sudeste do Estado (5 UPs - 500 km<sup>2</sup>), Noroeste (4 UPs - 400 km<sup>2</sup>) e entre o Oeste e Centro-Sul (4 UPs - 400 km<sup>2</sup>). Cenário 2, encontram-se diversos conjuntos de UPs compactas distribuídas pelo território do Paraná e poucas UPs sozinhas. Os maiores conjuntos encontram-se entre a Área Metropolitana de Curitiba e as regiões Sudeste e Centro Oriental (35 UPs - 3.500 km<sup>2</sup>); entre as regiões Noroeste, Norte e Centro Oriental (28 UPs - 2.800 km<sup>2</sup>); no Centro Oriental (16 UPs - 1.600 km<sup>2</sup>); e no Oeste (16 UPs - 1.600 km<sup>2</sup>). Possivelmente, são as áreas que melhor protegem as espécies conforme a meta de conservação.

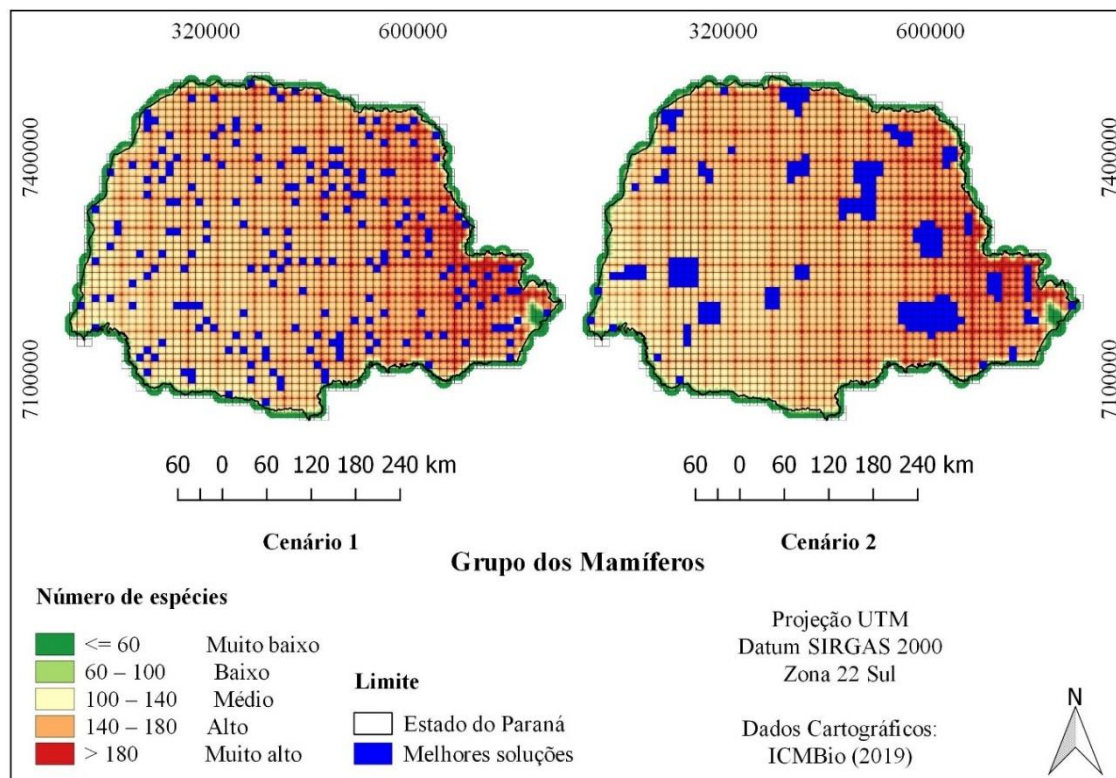


Figura 29 - Relação do número de espécies do grupo dos mamíferos e das melhores soluções definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o *status* de conservação fixado em 0.

#### 4.2.4 Grupo da flora

Para o grupo das plantas, o programa selecionou 24 UPs no Cenário 1 e 27 UPs no Cenário 2, o que equivale, na devida ordem, às áreas 2.400 km<sup>2</sup> e 2.700 km<sup>2</sup> (Figura 30). Os perímetros das soluções foram 960 e 860 km, respectivamente. Diferente dos demais grupos, o grupo da flora teve soluções com dimensões muito pequenas. Cabe ressaltar que a distribuição dessas espécies foi feita manualmente e que os registros das coordenadas não apresentam uma distribuição tão representativa pela área de estudo como os outros grupos, pois essas informações são escassas. Em razão disso, as soluções ocuparam menores áreas e menores perímetros.

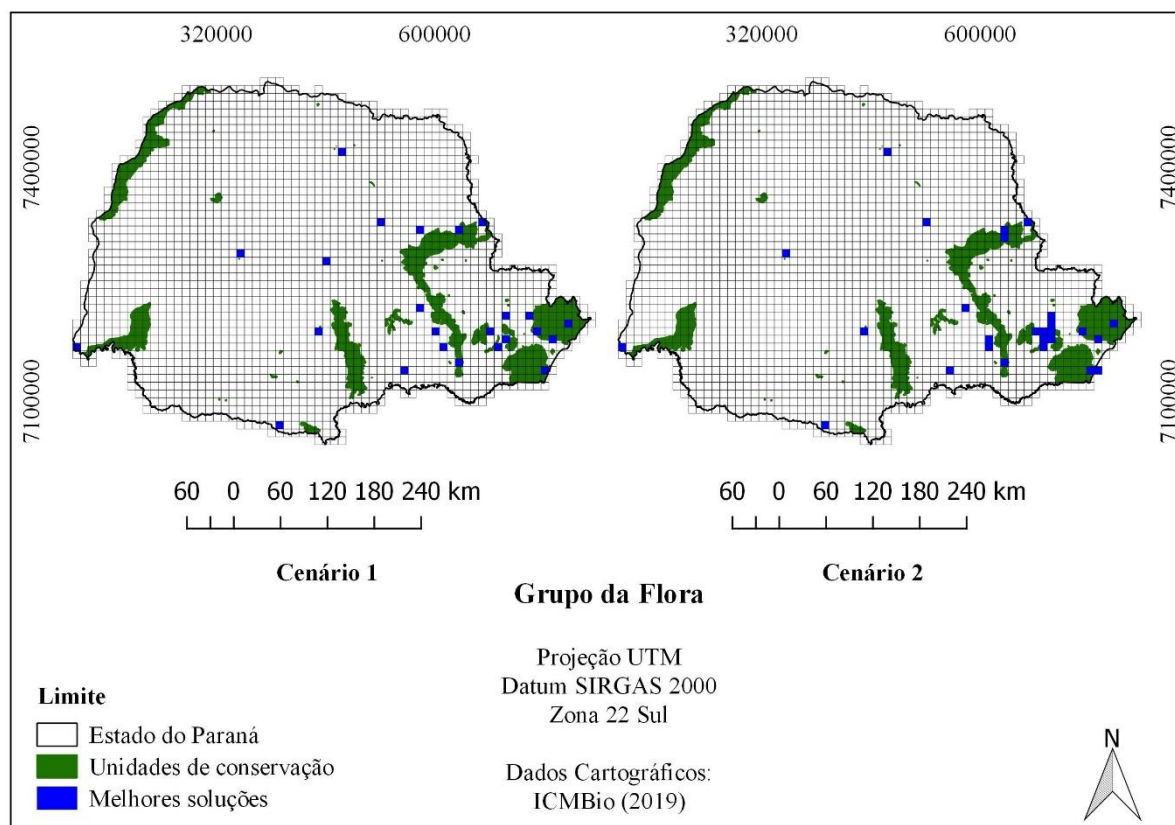


Figura 30 - Melhores soluções de áreas de conservação para o grupo da flora definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o *status* de conservação fixado em 0.

A dimensão das melhores soluções é muito menor do que a área total das UCs (16.712,64 km<sup>2</sup> ou 87,44% no Cenário 1 e 16.412,64 km<sup>2</sup> ou 85,87% no Cenário 2). Como já foi explicado, possivelmente este resultado, em específico, foi influenciado pela escassez de informações sobre as coordenadas de ocorrência das espécies. Dentre as UPs

selecionadas como melhores soluções, nove UPs (900 km<sup>2</sup> ou 37,50%) coincidem com as áreas das UCs no Cenário 1 e oito UPs (800 km<sup>2</sup> ou 29,63%) no Cenário 2 (Figura 31)

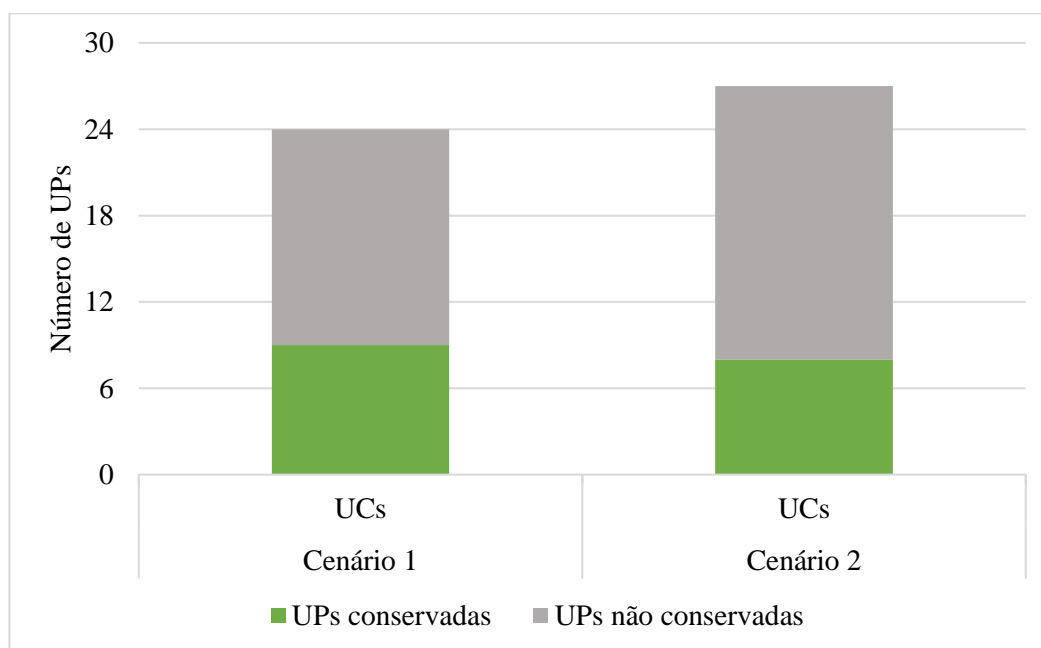


Figura 31 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às UCs do Estado do Paraná, Brasil, para o grupo da flora.

Do total de 152 espécies, foi constatado que as melhores soluções protegem adequadamente conforme a meta 146 espécies no Cenário 1 e 147 no Cenário 2. As UCs, por sua vez, protegem menos ainda. Na análise do Marxan que considera as UCs ao conjunto de melhores soluções, foi possível verificar que as UCs protegem apenas 126 espécies. O programa acrescentou UPs 7 UPs (700 km<sup>2</sup>) às UCs no Cenário 1 e 387 UPs (38.700 km<sup>2</sup>) no Cenário 2, contudo seis espécies continuaram sem ser representadas no Cenário 1 e três no Cenário 2 (Tabela 9).

Tabela 9 - Número de espécies do grupo da flora protegidas conforme a meta de conservação pelas UCs do Estado do Paraná, Brasil, e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o *status* de conservação fixado em 2

UPs ocupadas pelas Ucs	N.º espécies protegidas	Cenários	N.º de UPs adicionadas	Análises do Marxan
				N.º espécies protegidas
				<i>Status</i> = 2
399	126	1	7	146
		2	387	149

O Marxan realizou a seleção de melhores soluções, principalmente, nas áreas com maior número de espécies (Figura 32), mesmo este não sendo o critério determinante da seleção. Provavelmente, essas áreas contribuem melhor para atingir a meta de conservação. No Cenário 2, há apenas um conjunto de UPs compactas na Área Metropolitana de Curitiba, que compreende 8 UPs (800 km<sup>2</sup>).

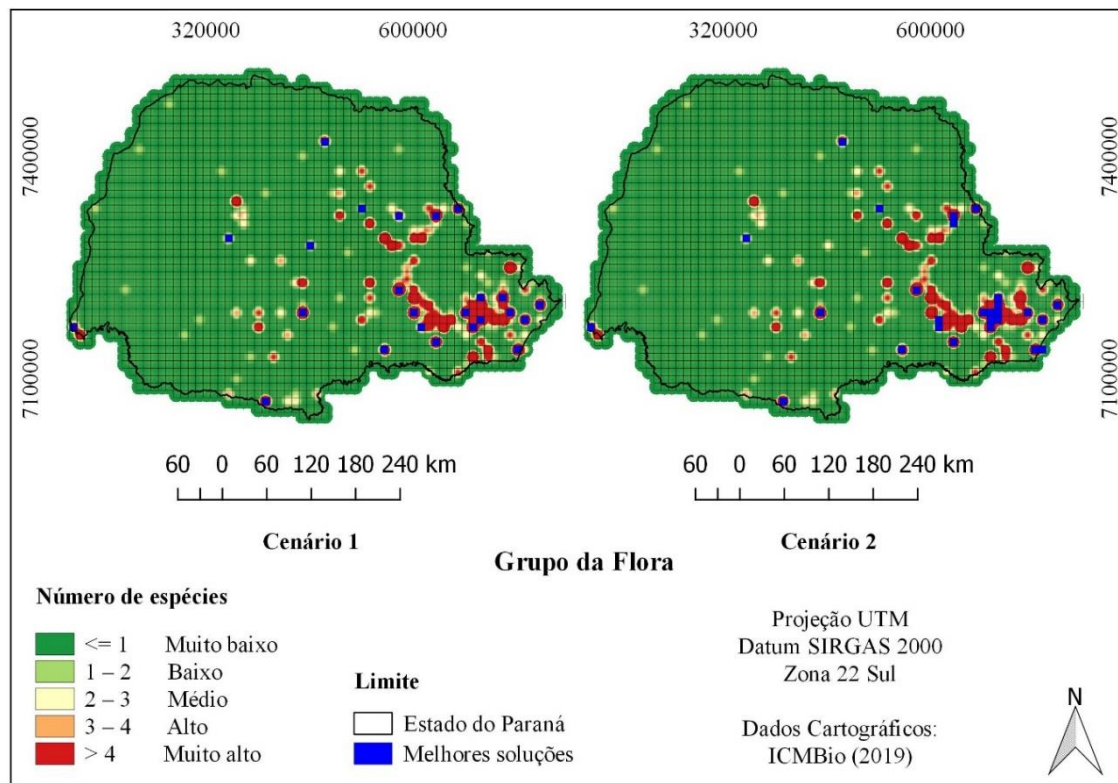


Figura 32 - Relação do número de espécies do grupo da flora e das melhores soluções definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o *status* de conservação fixado em 0.

#### 4.2.5 Todos os grupos de espécies

Por fim, para todos os grupos de espécies juntos, o programa Marxan definiu 205 UPs (20.500 km<sup>2</sup>) como melhores soluções de áreas de conservação no Cenário 1 e 210 UPs (21.000 km<sup>2</sup>) no Cenário 2 (Figura 33). Os perímetros das soluções foram 7.500 e 3.780 km, respectivamente.

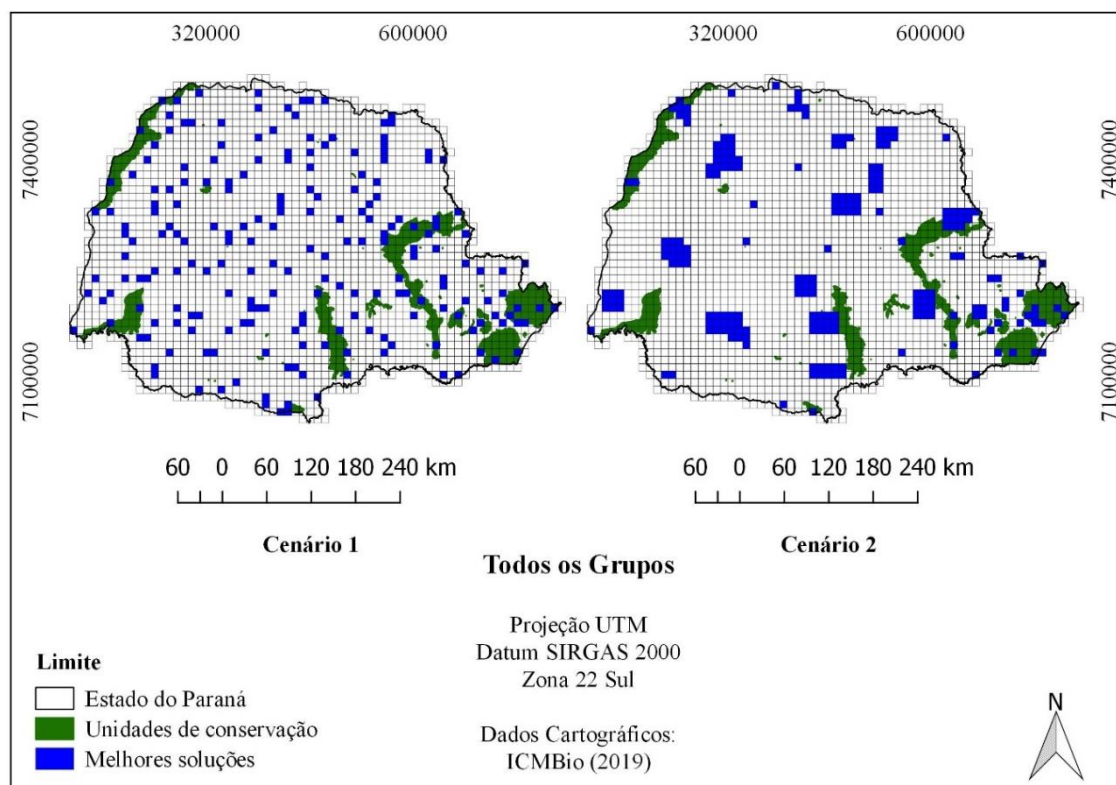


Figura 33 - Melhores soluções de áreas de conservação para todos os grupos de espécies definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o *status* de conservação fixado em 0.

Os resultados demonstram que a área das melhores soluções excede 1.387,36 km<sup>2</sup> (6,77%) a área total das UCs no Cenário 1 e 1.887,36 km<sup>2</sup> (8,99%) no Cenário 2. Demonstram, também, que do total de UPs selecionadas pelo Marxan, somente 26 UPs (2.600 km<sup>2</sup> ou 12,68%) coincidem com a área das UCs no Cenário 1 e 27 UPs (2.700 km<sup>2</sup> 12,86%) coincidem no Cenário 2 (Figura 34).

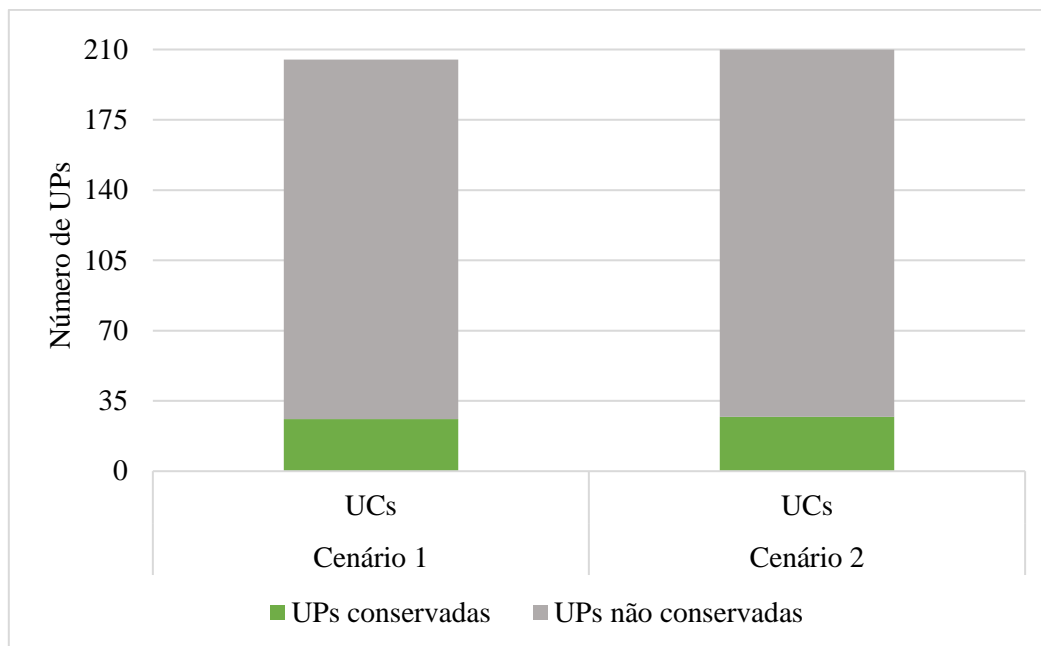


Figura 34 - Número de UPs selecionadas pelo Marxan com indicação das que correspondem (UPs conservadas) e das que não correspondem (UPs não conservadas) às UCs do Estado do Paraná, Brasil, para todos os grupos de espécies.

Das 534 espécies que compõem todos os grupos, as melhores soluções atingiram a meta de conservação de 531 espécies no Cenário 1 e 533 no Cenário 2. Mesmo que as soluções não conservem todas as espécies, elas são mais eficazes do que as UCs. Ao alterar o *status* de conservação das UPs que coincidem com as UCs, o programa mostrou na análise que as UCs conservam apenas 483 espécies. Na referida análise, o Marxan também complementou as UCs com 40 UPs (4.000 km<sup>2</sup>) no Cenário 1 e 48 UPs (4.800 km<sup>2</sup>) no Cenário 2, aumentando o número de espécies protegidas para 526 e 530, respectivamente (Tabela 10).

Tabela 10 - Número de espécies de todos os grupos protegidas pelas UCs do Estado do Paraná, Brasil, e pelas melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan para o *status* de conservação fixado em 2

UPs ocupadas pelas Ucs	N.º espécies protegidas	Cenários	N.º de UPs adicionadas	Análises do Marxan
				N.º espécies protegidas
				<i>Status = 2</i>
399	483	1	40	526
		2	48	530

Pode-se dizer que a ocorrência das espécies é bem distribuída pela área de estudo, visto que as classes Alto e Muito alto se destacam das demais (Figura 35). Em virtude disso, a seleção das melhores soluções ocorreu, também, de maneira bem distribuída pelo território do Estado. No Cenário 2, o programa Marxan selecionou diversos conjuntos de UPs compactas na área de estudo e poucas UPs isoladas sozinhas. Os maiores conjuntos se encontram entre os Vales do Iguaçu e a região Centro-Sul (20 UPs - 2.000 km<sup>2</sup>); nas regiões Noroeste (19 UPs - 1.900 km<sup>2</sup>), Oeste (14 UPs - 1.400 km<sup>2</sup>); Centro Sul (12 UPs - 1.200 km<sup>2</sup>), Centro Oriental (12 UPs - 1.200 km<sup>2</sup>) e entre o Noroeste e Centro Oriental (12 UPs - 1.200 km<sup>2</sup>). Além desses, também há outros conjuntos menores espalhados pelo Estado.

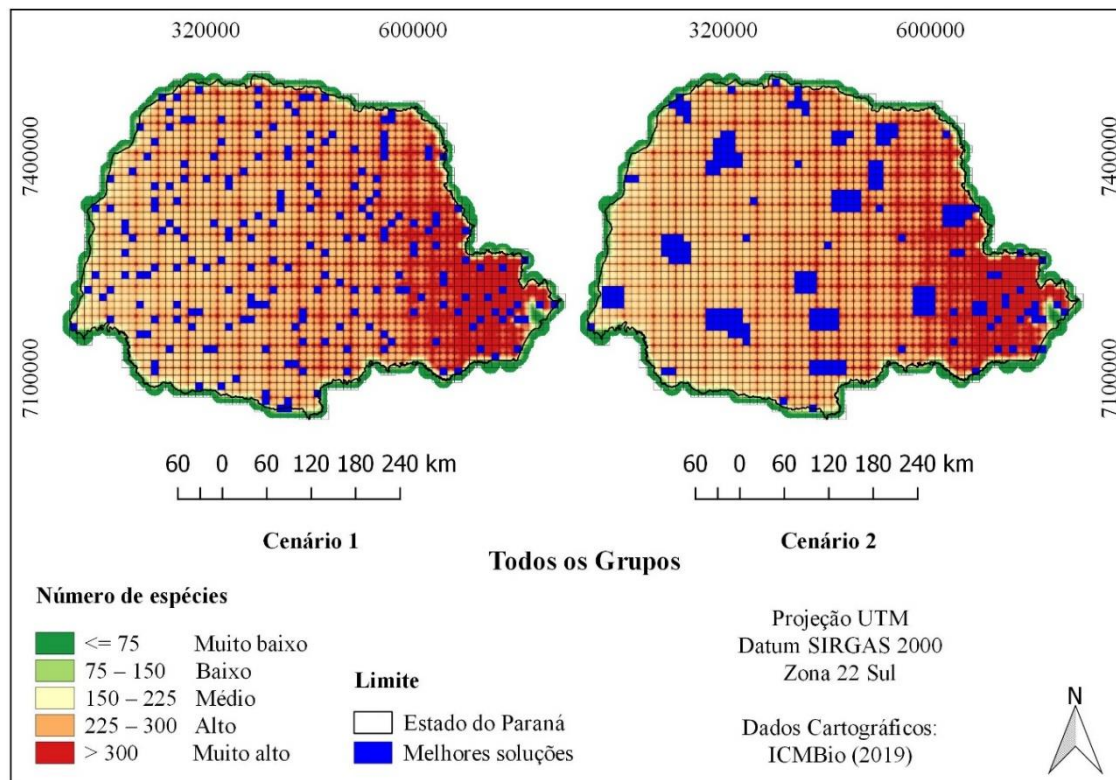


Figura 35 - Relação do número de espécies de todos os grupos de espécies e das melhores soluções definidas pelo Marxan no Estado do Paraná, Brasil, para o *status* de conservação fixado em 0.

#### 4.2.6 Síntese para o Estado do Paraná

A avaliação de cada grupo de espécies e de todos os grupos juntos mostra que o sistema de conservação atual do Estado do Paraná não é eficaz para a conservação das espécies de acordo com a meta de conservação estabelecida. A distribuição espacial das

áreas de conservação pelo território não é a melhor e a dimensão não é suficiente. Para melhorar a eficiência das UCs, o programa Marxan selecionou e adicionou diversas UPs ao referido sistema de áreas de conservação e, ainda assim, muitas espécies não foram protegidas. Em compensação, as melhores soluções de áreas de conservação definidas pelo Marxan apresentaram resultados mais promissores.

A área total das soluções é muito maior que a área das UCs, com exceção da solução do grupo da flora. No entanto, mesmo com extensão territorial superior às da UCs, pode-se dizer que o tamanho da área das soluções é razoável para a dimensão da área de estudo, ocupando no máximo 8,73% do território do Estado (Cenário 2 de todos os grupos de espécies).

Observou-se nas análises (de cada grupo de espécie e todos juntos) que poucas UPs selecionadas como melhores soluções coincidem com as áreas das UCs independente dos cenários. A seleção das UPs pelo Marxan ocorreu, na maioria dos casos, em sítios com maior número de espécies. Este padrão de seleção não é tão perceptível nas soluções dos mamíferos e de todos os grupos de espécies juntos. Acredita-se que, nos dois casos, possivelmente isso decorreu em virtude da elevada distribuição de espécie dos mamíferos, que é bem espalhada pela área de estudo e pode ter influenciado os resultados.

Por fim, verificou-se que, na maioria dos casos, o Cenário 2 abrigou maior número de espécies em comparação ao Cenário 1, com exceção das soluções do grupo dos mamíferos.

## 5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou a análise da adequação dos sistemas de conservação da natureza de Portugal Continental e do Estado do Paraná (Brasil), por meio do *software* de PSC Marxan.

Em Portugal Continental, as áreas classificadas existentes são eficazes somente para a proteção das espécies do grupo dos anfíbios. Na análise dos demais grupos individualmente e em conjunto, os sistemas de conservação atuais precisam ser complementados com novas UPs (áreas) para atingirem a meta de conservação de 10% definida. Além disso, os resultados mostram que, dentre os dois sistemas de conservação do país, a Rede Natura 2000 foi a que apresentou maior eficácia em questão de conservação de espécies.

Quanto às áreas de conservação do Estado do Paraná, as UCs não são eficazes para a conservação de nenhum grupo de espécies separadamente, tampouco para todos os grupos em conjunto. Os resultados revelam que é necessário complementar a área total das UCs de forma significativa para que elas consigam melhorar sua eficácia e tentar atingir a meta de conservação de 10% estabelecida.

As melhores soluções definidas pelo Marxan, em quase todas as análises, apresentam eficácia melhor do que os sistemas de áreas de conservação das áreas de estudo. Os resultados mostram que, frequentemente, a seleção das melhores soluções feita pelo programa coincide com as áreas com maior número de espécies, embora em muitos casos se observe a seleção de unidades de baixo número de espécies. Apesar de tudo, nem sempre as melhores soluções conseguem representar todas as espécies existentes nas áreas de estudo. Além disso, a dimensão da área total das melhores soluções é razoável em comparação com as áreas dos sistemas de áreas de conservação existentes e ao território das áreas de estudo.

Os sistemas de conservação de Portugal e do Estado do Paraná apresentam uma baixa sobreposição nas UPs selecionadas como melhores soluções pelo *software* Marxan. Provavelmente, as áreas de conservação existentes já apresentam um papel fundamental nas áreas de estudo, contribuindo de maneira social, econômica e ecológica. Os resultados obtidos não refletem que os sistemas de conservação atuais devem ser substituídos pelas melhores soluções, mas, sim, que podem servir para complementação de suas áreas.

Por fim, pode-se considerar que o *software* Marxan apresenta soluções eficazes e que podem servir de apoio para aos tomadores de decisão para melhorar a situação atual dos sistemas de conservação da natureza. Possivelmente, os resultados seriam mais promissores se os dados de distribuição das espécies fossem mais completos, sobretudo no Estado do Paraná, e que abrangessem mais grupos de espécies.

Em estudos futuros, recomenda-se a utilização de dados mais completos, que representem o máximo possível de espécies e mais grupos taxonômicos além dos já utilizados. Além disso, também seria de grande importância acrescentar o custo real das áreas de estudo, com base nos diferentes tipos de uso e ocupação do solo. Em relação ao Brasil, seria interessante alargar a investigação para outros estados federativos para se obter respostas a nível nacional.

## REFERÊNCIAS

- Abdalla, L. S., & Cruz, C. B. M. (2015). Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do rio São João, RJ. *Revista Brasileira de Cartografia*, 67(1), 169–184.
- Adams, V. M., Segan, D. B., & Pressey, R. L. (2011). How much does it cost to expand a protected area system? some critical determining factors and ranges of costs for Queensland. *PLoS ONE*, 6(9), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025447>
- Aguiar, S., Santos, I. S., Arêdes, N., & Silva, S. (2016). Redes-Bioma: Informação e comunicação para ação sociopolítica em ecorregiões. *Ambiente & Sociedade*, 19(3), 233–252.
- Ardron, J. A., Possingham, H. P., & Klein, C. J. (2010). *Marxan Good Practices Handbook*. Pacmara (2nd ed.). Victoria, BC, Canada: Pacific Marine Analysis and Research Association. Retrieved from [www.pacmara.org](http://www.pacmara.org)
- Ball, I. R., Possingham, H. P., & Watts, M. E. (2009). Marxan and relatives: Software for spatial conservation prioritization. In A. Moilanen, K. A. Wilson, & H. P. Possingham (Eds.), *Spatial conservation prioritization. Quantitative methods & computational tools* (pp. 185–195). United Kingdom: Oxford University Press.
- Ban, N. C., Hansen, G. J. A., Jones, M., & Vincent, A. C. J. (2009). Systematic marine conservation planning in data-poor regions: Socioeconomic data is essential. *Marine Policy*, 33(5), 794–800. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2009.02.011>
- Becker, C. G., Loyola, R. D., Haddad, C. F. B., & Zamudio, K. R. (2010). Integrating species life-history traits and patterns of deforestation in amphibian conservation planning. *Diversity and Distributions*, 16(1), 10–19. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2009.00625.x>
- Brasil. (2000). Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Br. Retrieved July 12, 2019, from [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)
- Carvalho, S. B., Brito, J. C., Crespo, E. G., Watts, M. E., & Possingham, H. P. (2011). Conservation planning under climate change: Toward accounting for uncertainty in predicted species distributions to increase confidence in conservation investments in space and time. *Biological Conservation*, 144(7), 2020–2030. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.04.024>
- Carvalho, S. B., Velo-Antón, G., Tarroso, P., Portela, A. P., Barata, M., Carranza, S., ... Possingham, H. P. (2017). Spatial conservation prioritization of biodiversity spanning the evolutionary continuum. *Nature Ecology and Evolution*, 1(6), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0151>

- Carwardine, J., Rochester, W. A., Richardson, K. S., Williams, K. J., Pressey, R. L., & Possingham, H. P. (2006). Conservation planning with irreplaceability: Does the method matter? *Biodiversity and Conservation*, *16*(1), 245–258. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9055-4>
- Cavalcanti, L. F., & Costa Neto, J. F. (2015). O planejamento sistemático da conservação na identificação de áreas prioritárias para a conservação do patrimônio espeleológico brasileiro. In *Anais do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia* (Vol. 2113, pp. 569–579). Campinas.
- CBD - Convention on Biological Diversity. (1992). Aichi Biodiversity Targets. Retrieved August 25, 2019, from <https://www.cbd.int/sp/targets/#GoalC>
- Dias, A. C. L. S. V. (2016). *Potencial de novas ferramentas para o planeamento de áreas protegidas : O caso do Baixo Sabor* (Dissertação de mestrado). Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Diniz-Filho, J. A. F., Bini, I. M., Bastos, R. P., Vieira, C. M., & Vieira, L. C. G. (2005). Priority areas for anuran conservation using biogeographical data: a comparison of greedy, rarity, and simulated annealing algorithms to define reserve networks in Cerrado. *Brazilian Journal of Biology*, *65*(2), 251–261. <https://doi.org/10.1590/s1519-69842005000200008>
- Direção Geral do Território. (2016). Carta Administrativa Oficial de Portugal - CAOP 2016. Áreas do País. Retrieved July 12, 2019, from <http://www.dgterritorio.pt/>
- Dudley, N., & Stolton, S. (2010). *Arguments for Protected Areas: Multiple Benefits for Conservation and Use* (1st ed.). London: Earthscan.
- Esfandeh, S., Kaboli, M., & Eslami-Andargoli, L. (2015). Marxan as a tool for Systematic Conservation Planning in Seascape - a chronological review. *Journal of Ecology and Environmental Sciences*, *3*(4), 6–17.
- European Commission. (2018). Natura 2000. Retrieved July 12, 2019, from [http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm)
- Fernandes, M. L., Quintela, A., & Alves, F. L. (2018). Identifying conservation priority areas to inform maritime spatial planning: A new approach. *Science of the Total Environment*, *639*, 1088–1098. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.147>
- Flora-On. (2014). Flora de Portugal Interactiva. Sociedade Portuguesa de Botânica. Retrieved July 18, 2019, from [www.flora-on.pt](http://www.flora-on.pt)
- Fundação SOS Mata Atlântica, & INPE. (2013). *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2010-2011*. Relatório Técnico. São Paulo.
- Game, E. T., & Grantham, H. S. (2008). *Marxan User Manual: For Marxan version 1.8.10*. University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, and Pacific Marine Analysis and Research Association, Vancouver, British Columbia, Canada.

- Henriques, N. S., Monteiro, P., Bentes, L., Oliveira, F., Afonso, C. M. L., & Gonçalves, J. M. S. (2017). Marxan as a zoning tool for development and economic purposed areas - Aquaculture Management Areas (AMAs). *Ocean and Coastal Management, 141*, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.016>
- Hooper, D. U., Chapin, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., ... Wardle, D. A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs, 75*(1), 3–35. <https://doi.org/10.1890/04-0922>
- IAP - Instituto Ambiental do Paraná. (2012). Dados sobre unidades de conservação. Retrieved July 12, 2019, from <http://www.iap.pr.gov.br/pagina-1211.html>
- IAP - Instituto Ambiental do Paraná. (2017). RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural. Retrieved July 12, 2019, from <http://www.iap.pr.gov.br/pagina-289.html>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2016). *Atlas geográfico escolar*. (IBGE, Ed.) (7th ed.). Rio de Janeiro.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). População estimada. Retrieved July 12, 2019, from <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/panorama>
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (2019). Download de dados geográficos. Retrieved July 12, 2019, from <http://icmbio.gov.br/i3geo/datadownload.htm>
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2008). Atlas dos Anfíbios e Répteis terrestres de Portugal Continental 2008. Retrieved July 12, 2019, from <http://geocatalogo.icnf.pt/>
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2010). Atlas das aves nidificantes em Portugal - período de 1999 a 2005. Retrieved July 12, 2019, from <http://geocatalogo.icnf.pt/>
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2016). RN2000 - Portugal - resumo. Retrieved July 12, 2019, from <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/rn-pt/rn-PT>
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2018a). Dados de Sistema de Informação Geográfica do ICNF. Retrieved July 12, 2019, from <http://geocatalogo.icnf.pt/>
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2018b). Implementação. Retrieved July 12, 2019, from <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/implement-RN>
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2018c). Natura 2000. Retrieved July 12, 2019, from <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/>

- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2018d). Rede Nacional de Áreas Protegidas. Retrieved July 13, 2019, from <http://www2.icnf.pt/portal/ap/rnap>
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2018e). Tipologias. Retrieved July 12, 2019, from <http://www2.icnf.pt/portal/ap/tipol-ap>
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2019). IFN6 - *Principais resultados - relatório sumário*. v. 1.0. Lisboa.
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2019b). O que é o Plano Setorial. Retrieved August 3, 2019, from <http://www2.icnf.pt/portal/pn/biodiversidade/rn2000/p-set/q-e>
- INE - Instituto Nacional de Estatística. (2018). Estimativas de População Residente em Portugal 2017, 1–13. Retrieved from [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_destaques&DESTAQUE\\_Sdest\\_boui=315156710&DESTAQUESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUE_Sdest_boui=315156710&DESTAQUESmodo=2)
- IUCN - International Union for Conservation of Nature. (2019). Spatial Data Download. The IUCN Red List of Threatened Species. Retrieved July 22, 2019, from <https://www.iucnredlist.org/resources/spatial-data-download>
- Klein, C. J., Chan, A., Kircher, L., Cundiff, A. J., Gardner, N., Hrovat, Y., ... Aíramé, S. (2008). Striking a Balance between Biodiversity Conservation and Socioeconomic Viability in the Design of Marine Protected Areas. *Conservation Biology*, 22(3), 691–700. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00896.x>
- Lira-Noriega, A., Aguilar, V., Alarcón, J., Kolb, M., Urquiza-Haas, T., González-Ramírez, L., ... Koleff, P. (2015). Conservation planning for freshwater ecosystems in Mexico. *Biological Conservation*, 191, 357–366. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.07.004>
- Martinelli, G., & Moraes, M. A. (2013). *Livro vermelho da flora do Brasil* (1st ed.). Rio de Janeiro: Andrea Jakobson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Medeiros, R., Young, C. E. F., Pavese, H. B., & Araújo, F. F. S. (2011). *Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Sumário executivo*. UNEP-WCMC. Brasília.
- Mehri, A., Salmanmahiny, A., & Dehaghi, I. M. (2017). Incorporating zoning and socioeconomic costs in planning for bird conservation. *Journal for Nature Conservation*, 40, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2017.10.001>
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. (2006). *Mapeamento de Remanescentes de Cobertura Vegetal Natural do Cerrado*. Nota Técnica (Vol. 33). Brasília.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. (2019). Criação UCs. Retrieved July 12, 2019, from <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/criacao>

ucs.html

- Nel, J. L., Reyers, B., Roux, D. J., & Cowling, R. M. (2009). Expanding protected areas beyond their terrestrial comfort zone: Identifying spatial options for river conservation. *Biological Conservation*, *142*(8), 1605–1616. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.031>
- Portugal. (2008). Decreto-Lei nº 142/2008 de 24 de julho do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Diário da República: I série, nº 142 (2008). Retrieved July 10, 2019, from <https://dre.pt/application/conteudo/454502>
- Possingham, H. P., Wilson, K. A., Andelman, S. J., & Vynne, C. H. (2006). Protected Areas: Goals, Limitations, and Design. In M. J. Groom, G. K. Meffe, & C. R. Carroll (Eds.), *Principles of Conservation Biology* (3rd ed., pp. 509–549). Sunderland: Sinauer Associates, Inc.
- SpeciesLink. (2019). Sistema de Informação Distribuído para Coleções Biológicas. Retrieved July 22, 2019, from <http://splink.cria.org.br/>
- Stewart, R. R., & Possingham, H. P. (2005). Efficiency, costs and trade-offs in marine reserve system design. *Environmental Modeling and Assessment*, *10*(3), 203–213. <https://doi.org/10.1007/s10666-005-9001-y>
- Vallecillo, S., Hermoso, V., Possingham, H. P., & Brotons, L. (2013). Conservation planning in a fire-prone Mediterranean region: Threats and opportunities for bird species. *Landscape Ecology*, *28*(8), 1517–1528. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9904-y>
- Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B., & Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature*, *515*(7525), 67–73. <https://doi.org/10.1038/nature13947>
- Watts, M. E., Ball, I. R., Stewart, R. R., Klein, C. J., Wilson, K., Steinback, C., ... Possingham, H. P. (2009). Marxan with Zones: Software for optimal conservation based land- and sea-use zoning. *Environmental Modelling & Software*, *24*(12), 1513–1521.
- WWF - World Wide Fund for Nature. (2019). Planejamento Sistemático da Conservação. Retrieved August 8, 2019, from [https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/reducao\\_de\\_impactos2/programa\\_ciencias/textos\\_15012018/psc\\_15012018/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/programa_ciencias/textos_15012018/psc_15012018/)