

O que proteger? Planejamento sistemático para a conservação dos serviços ecossistêmicos no entorno da Estação Ecológica de Carijós, Florianópolis/SC.

Apoena Calixto Figueirôa^{1,2}
Marinez Eymael Garcia Scherer¹

¹ Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Departamento de Geociências - Laboratório de Gestão Costeira Integrada
Campus Universitário - Trindade, Florianópolis – SC, Brasil - CEP 88040-970
marinezscherer@gmail.com

² Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
EQSW 103/104, Blocos B e C – Sudoeste - CEP: 70.670-350- Brasília - DF, Brasil
apoena.figueiroa@icmbio.gov.br

Abstract. Protected areas are one of the main tools against the continuous global crisis affecting biodiversity, but their success depends on the representativeness of the ecosystems to be protected and on the long term persistency of this protection. The conservation planning has to deal not only with the location of these areas, but with the attributes relative to their design. This work sought to determine the best limits for a Wildlife Reserve (WR) in the river basins that drain to the Carijós Ecologic Station, making use of the Systematic Planning for Conservation (SPC), with help of the tool “Marxan”. Our proposal aimed to conserve part of the Ecosystem Services (ES) in the region, which are threatened by the implementation of the city’s directive plan, through spatial analysis and the costs related to their protection. The results of this analysis have shown that the creation of an WR, within the proposed limits, would mean a significant gain on the protection of the many ecosystems and associated SEs. We concluded that the SPC, together with “Marxan” software, is satisfactory in defining protected areas in an urban environment with great habitat fragmentation. It also became clear that the emphasis on ESs was beneficial. The implementation of a WR in the region is possible and in an extremely representative area for the urban situation present in a state capital.

Palavras-chave: protected areas, systematic conservation planning, ecosystem services, unidade de conservação, planejamento sistemático para conservação, serviços ecossistêmicos.

1. Introdução

As áreas protegidas são um dos principais instrumentos contra a contínua crise mundial que atinge a biodiversidade, ocasionada principalmente pela perda e fragmentação de habitats e pelas demais pressões antrópicas, incluindo as mudanças climáticas (Butchart *et al.*, 2012; Lin *et al.*, 2016; Rodrigues *et al.*, 2004; Saout *et al.*, 2013; Thomas *et al.*, 2012).

Conforme Margules e Sarkar (2007), o papel das áreas protegidas na conservação da biodiversidade depende da representatividade dos ecossistemas a serem protegidos e da persistência em longo prazo dessa proteção. Nesse objetivo, segundo os mesmos autores, o planejamento da conservação tem de lidar não só com a localização dessas áreas, mas também com atributos relativos ao seu *design*, como tamanho, conectividade, replicação, formato e divisas, onde uma abordagem sistemática estruturada para o planejamento da conservação fornece a base necessária para alcançar tais objetivos.

O planejamento sistemático para a conservação (PSC) consiste em metodologia que envolve, em geral, (i) elaborar uma lista de recursos a serem conservados, (ii) estabelecer metas para conservação de cada recurso, (iii) dividir a área de estudos em uma série de unidades de planejamento (UP), (iv) calcular o valor de cada recurso em cada UP, (v) atribuir um valor de custo para cada UP, e (vi), utilizar *software* de computador para identificar áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade, reduzindo os níveis de fragmentação e minimizando custos unitários de planejamento (Moilanen *et al.*, 2009). Além disso, após a criação da área protegida, se faz imprescindível a definição de critérios claros para a

implementação de ações de conservação, assim como de objetivos e mecanismos explícitos para a persistência da conservação dos atributos dentro da área protegida (Holling, 1978).

Com esse objetivo é possível a utilização de diversos sistemas de suporte a decisões que automatizam o processo de seleção de áreas, auxiliando no desenho de cenários que podem representar os limites de áreas protegidas (ICMBIO, 2012). Um dos sistemas de suporte a decisões é o 'Marxan' (Game; Grantham, 2008), sendo um dos mais utilizados para este fim (Delavenne *et al.*, 2013; Moilanen *et al.*, 2009).

O *software* 'Marxan' objetiva solucionar problemas relativos ao desenho de limites para áreas protegidas, com foco em determinados alvos para conservação, que representem uma minimização de custos, por meio da priorização espacial de unidades de área pré-estabelecidas (Ball *et al.*, 2009). A ferramenta, com base em dados espaciais, calcula medidas de importância (insubstituibilidade ou complementaridade) em unidades de planejamento, considerando também os custos associados à restrição do uso de determinadas áreas (ICMBIO, 2012).

A Estação Ecológica de Carijós (ESEC Carijós) se situa na região noroeste da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brasil, possuindo duas glebas com predominância de ambientes de manguezal e pequenos trechos de vegetação de restinga (IBAMA, 2003).

No presente trabalho, o objetivo é a determinação do melhor desenho para uma unidade de conservação (UC), da categoria Refúgio de Vida Silvestre (REVIS), nas bacias hidrográficas que drenam para a ESEC Carijós, tendo em vista essa categoria contemplar as necessidades de uso e conservação para a área. O propósito do referido REVIS seria conservar parte representativa dos serviços ecossistêmicos (SEs) ameaçados pela implantação do plano diretor (PD) do município de Florianópolis, hoje em vigor. O PD prevê a ocupação urbana de grande parcela dos ecossistemas lá existentes, em especial dos manguezais, restingas e banhados (Figueiroa; Scherer, 2016). Essa categoria de manejo se mostrou interessante para o caso estudado, pois embora pertença ao grupo de proteção integral, são nela permitidos usos diretos que não conflitam com seus objetivos de criação (Brasil, 2000).

Embora o PSC normalmente seja embasado na conservação de atributos da biodiversidade, neste estudo a base passa a ser formada pelos SEs. Em outros casos, os SEs, quando são levados em consideração, costumam figurar somente como custos, como normalmente é o caso da pesca na conservação de áreas marinhas, e não como atributos importantes a se conservar.

2. Métodos

O foco do presente trabalho é a área abordada por Figueiroa e Scherer (2016), localizada na região norte da Ilha de Santa Catarina, no município de Florianópolis. Sua delimitação corresponde à porção insular definida para a Zona de Amortecimento (ZA) da ESEC Carijós, compreendendo as bacias hidrográficas contribuintes para os manguezais do Saco Grande e de Ratonas (Silva, 2005), acrescida da enseada da Daniela (Figura 1).

Para a definição dos limites do proposto REVIS, foram utilizados os seguintes parâmetros e ferramentas: (i) os recursos a serem conservados corresponderam aos principais SEs elencados para a região por Figueiroa e Scherer (2016); (ii) as metas de conservação foram as realistas a serem estipuladas no contexto urbano sob análise, com foco nos SEs mais ameaçados pelo PD; (iii) a UP definida foi a de 1 (um) hectare, em formato hexagonal, compondo uma grade totalizando 12.858 unidades para a área de estudo; (iv) os custos foram representados pelos parâmetros de dominialidade, uso do solo, disponibilidade legal de uso do solo e distância da ESEC Carijós; e (v) o *software* de análise espacial utilizado foi o 'Marxan' em interface com o 'Arcgis 10.4.1', por intermédio da extensão 'Protected Area Tools'.

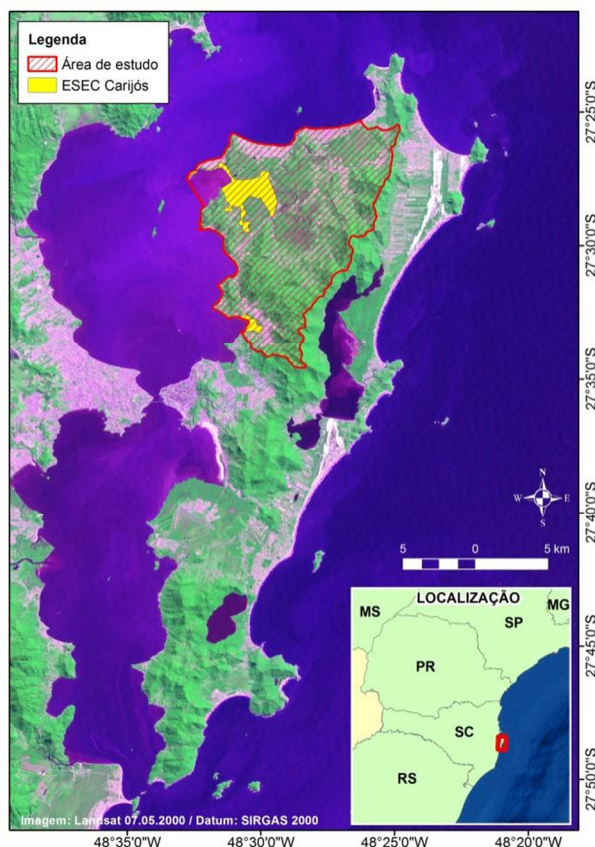


Figura 1: Área de estudo. Fonte: Figueiroa e Scherer (2016), a partir de limitação proposta por Silva (2005).

Os principais SEs utilizados na análise, divididos por categorias (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), foram os listados na Tabela 1.

Tabela 1: Principais SEs para a área de estudo, divididos por categorias.

| Categoria | Serviço ecossistêmico (SE) | Ecosistemas |
|------------------|--|---|
| Provisão | Provisão de pescado e demais recursos alimentares da população. | Manguezal. |
| Regulação | Regulação ambiental ¹ | Manguezal, restinga, banhado, mata de encosta, mata ciliar. |
| Culturais | Modo de vida tradicional. | Manguezal. |
| | Paisagem. | Manguezal, restinga, banhado, mata de encosta. |
| | Turismo e ecoturismo. | Manguezal, restinga, mata de encosta. |
| Suporte | Habitats, ciclagem de nutrientes e produção de matéria orgânica. | Manguezal, restinga, banhado, mata de encosta, mata ciliar. |

¹ Manutenção da linha de costa, fixação de carbono, proteção contra assoreamento, fixação de solo e sedimentos, filtragem de poluentes, manutenção da qualidade e estocagem de água, regulação de cheias e controle térmico,

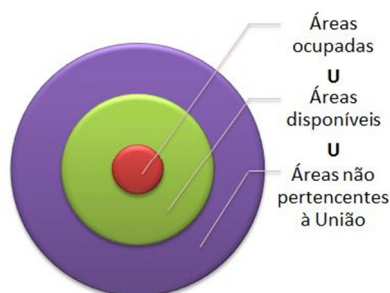
Como delimitação espacial dos SEs difusos (ex.: paisagem, habitat, regulação ambiental, etc.) utilizou-se os mesmos limites representados pelos ecossistemas, conforme mapeamento apresentado por Figueiroa e Scherer (2016), baseado no “Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo das Bacias Hidrográficas do Rio Ratoes e do Saco Grande”, realizado por Instituto Carijós e ICMBio (2009). Além disso, foram mapeadas as áreas com uso e potencial de uso para a pesca artesanal, com base no “Plano de Ação Participativo para a Conservação dos recursos pesqueiros do Rio Ratoes” (Instituto Carijós; ICMBio, 2008), e as áreas com maior potencial ecoturístico com base em conhecimento empírico da equipe gestora da ESEC Carijós, colhido em oficina. Esses dois SEs localizados representam grandes potencialidades locais de apoio à conservação.

Foram definidas metas de conservação de 60% da área total para a restinga, 90% para o manguezal e 50% para os banhados, que foram consideradas realistas e possíveis de serem alcançadas na realidade urbana da área. Embora também tenham sido analisados os ecossistemas de matas de encosta e matas ciliares no trabalho de Figueiroa e Scherer (2016), esses não foram incluídos como metas para a conservação por não estarem entre os mais ameaçados pelo PD, com a maior parte de suas áreas já figurando como de preservação permanente.

Complementarmente, foram definidas metas de abrangência total das áreas de pesca artesanal e de potencial para o ecoturismo.

Na definição dos custos à conservação, foram utilizados: (i) no critério de dominialidade, um maior custo às áreas não pertencentes à União, delimitadas pela Comissão de Demarcação, instituída pela Portaria 54/2007 da Secretaria do Patrimônio da União (Processo SPU nº 04972.001845/2005-07), hoje em fase de homologação; (ii) no critério de uso do solo um maior custo às áreas ocupadas com urbanização e cultivos, nessa ordem de importância; (iii) no critério disponibilidade legal de uso do solo, um maior custo às áreas não abarcadas por nenhuma restrição ao uso e ocupação; e (iv) para a distância da ESEC Carijós, com vistas a concentrar as áreas a serem protegidas próximas de onde já ocorre a proteção, considerou-se um custo com aumento gradual a partir de seus limites.

Como os custos utilizados na análise, com exceção da distância, possuem quase total correlação, não foi necessária uma análise multicriterial que suscitasse o estabelecimento de pesos diferenciados aos diferentes parâmetros, pois os custos acabam por se sobrepor, da seguinte forma:



Para os parâmetros utilizados pelo programa 'Marxan', foram mantidos os padrões sugeridos por Game e Grantham (2008), sendo que o índice de correlação entre área e perímetro (BLM), conforme sugestão dos mesmos autores, foi ajustado empiricamente para melhor resultado no caso específico. Este índice tem a finalidade de priorizar a criação de áreas de proteção contíguas e pouco fragmentadas.

Por meio de 100 (cem) rodadas de avaliação, foi quantificado o número de vezes que cada UP foi escolhida para compor os limites do REVIS, sendo que as UPs que se mantiveram no maior número de escolhas foram selecionadas. Após essa análise, com auxílio de imagem de alta resolução do satélite RapidEye, foi feito um ajuste fino buscando coerência nas definições do limite final do REVIS, procurando preferencialmente feições naturais e antrópicas que facilitassem a demarcação da área.

Em decorrência dos limites estabelecidos, foram quantificados os ecossistemas abrangidos e comparados com a hipótese representada pelo PD do Município de Florianópolis, constante no trabalho de Figueiroa e Scherer (2016). Em seguida foram quantificados os ganhos representados pela conservação dos ecossistemas e qualificados os benefícios representados pelos SEs a eles associados.

Em todas as análises foi incluída a área hoje pertencente à ESEC Carijós, como forma de avaliar sua efetividade.

Nenhum polígono foi bloqueado como incluído ou como excluído do resultado final, como permite o software, ocasionando uma análise totalmente ampla da área de estudos.

3. Resultados e Discussão

Depois de organizados, os dados de entrada para análise foram os representados na Figura 2, onde se observam de um lado os atributos a serem conservados e de outro os custos à conservação.

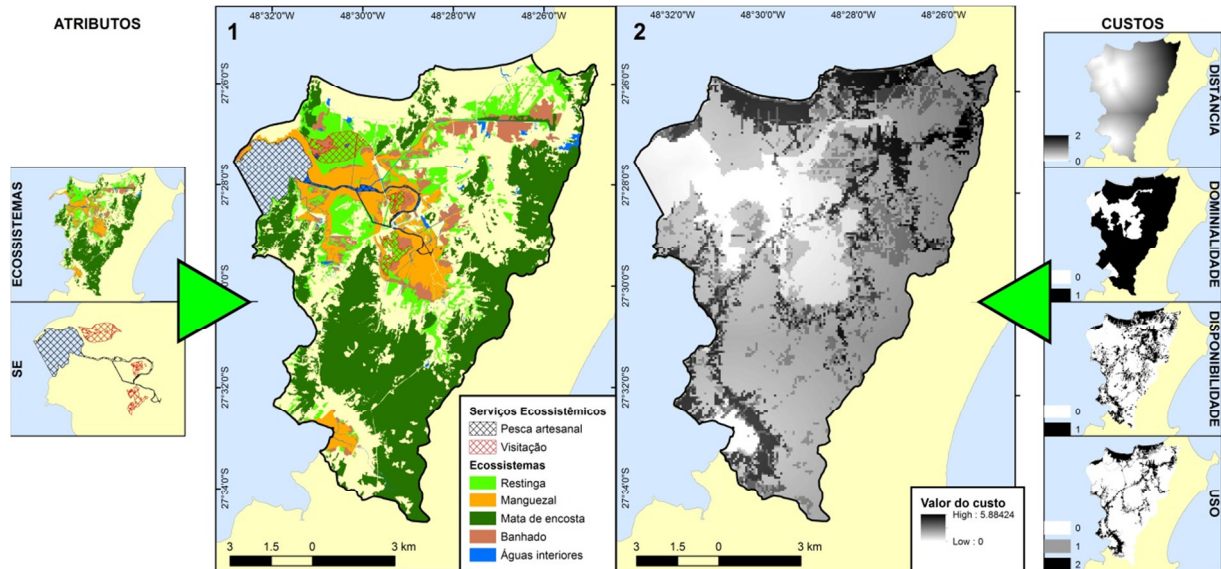


Figura 2: Espacialização dos atributos a serem conservados (1) e do valor dos custos para conservação (2).

Com a realização das diversas rodadas de avaliação, as UPs foram selecionadas nos quantitativos indicados na Figura 3, permitindo uma delimitação inicial da área a ser incluída no REVIS.

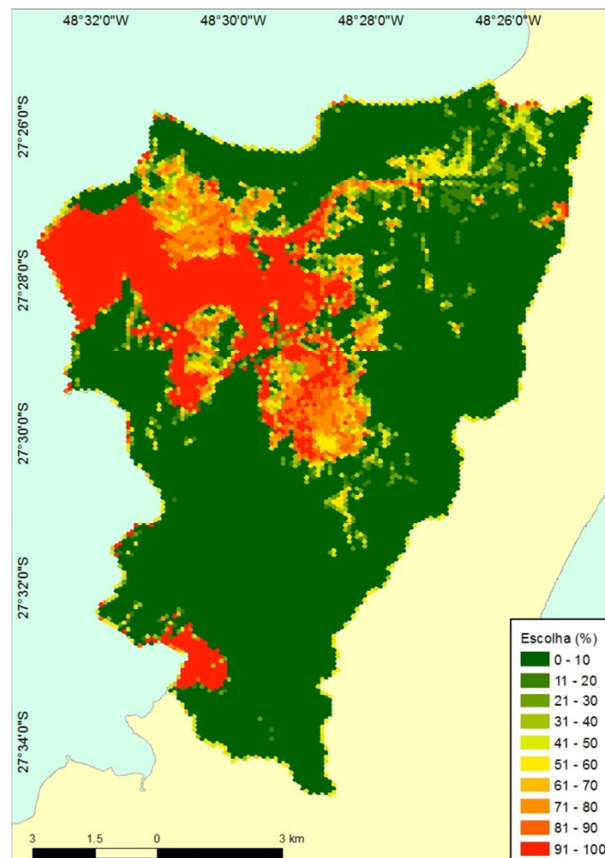


Figura 3: Resultado da série de análises, onde se observa a frequência de escolha das UPs.

Observa-se que os atuais limites da ESEC Carijós foram integralmente selecionados como áreas a serem protegidas, descartando a hipótese de necessidade de redução dos limites atuais. Quanto às áreas externas aos seus atuais limites, embora no entorno da gleba sul não tenha havido resultado relevante que indicasse propor sua ampliação, foram selecionadas amplas áreas junto à gleba norte, ficando, portanto, a proposta focada a essa região.

Após os resultados obtidos e a utilização de imagem do satélite RapidEye, para ajuste fino nas definições do limite final, obteve-se o resultado de limites representado na Figura 4.

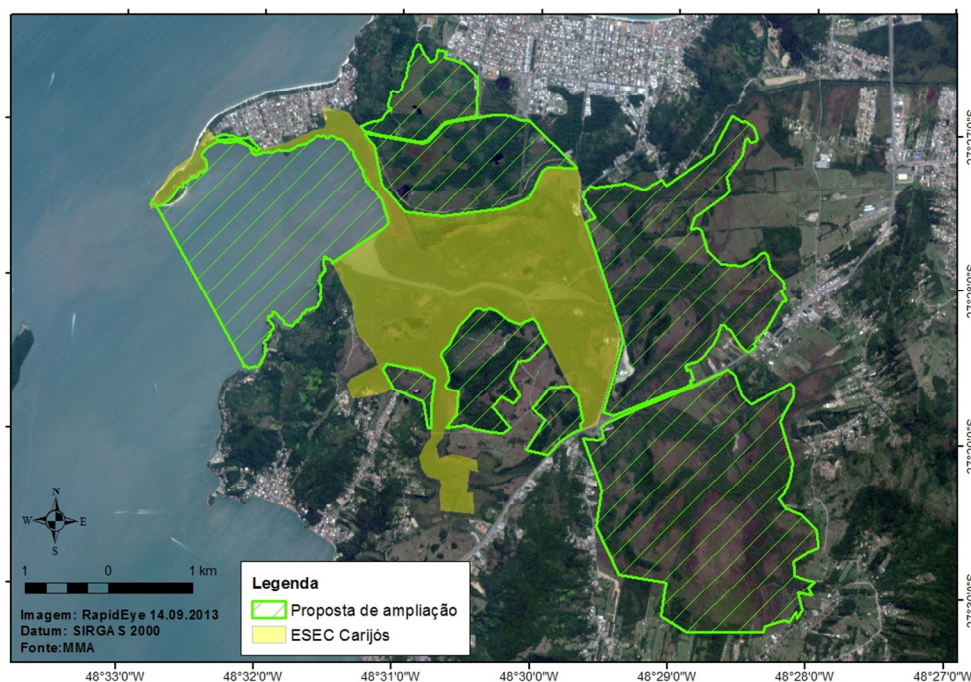


Figura 4: Área proposta para a ampliação e recategorização da ESEC Carijós em um REVIS.

Essa proposta representa 1.900 hectares de ampliação, que somados à área hoje representada pela ESEC Carijós, totalizaria um REVIS de 2.659,77 hectares, o que representa uma ampliação de 250% da área atualmente protegida.

Na análise dos ganhos ecossistêmicos para a área de estudos, com a criação do REVIS em comparação com a proposta do PD, foram obtidos os resultados representados na Tabela 2. Nas colunas da tabela, o “Total” representa o quantitativo de cada tipologia na área de estudo, as “Perdas” representam o impacto do PD, a “Proteção” o que estaria resguardado no interior dos limites do REVIS e o “Ganho” a melhora na proteção com a criação do REVIS em relação ao PD.

Tabela 2: Resultados comparados entre as perdas ecossistêmicas representadas pelo PD (Figueiroa; Scherer, 2016) e os ganhos representados pelo REVIS com limites propostos.

| Ecosistema | Total (em ha) | Perdas c/ PD (em ha) | Perdas c/ PD (%) | Proteção c/ REVIS (em ha) | Proteção c/ REVIS (%) | Ganho (%) |
|--------------|-----------------|----------------------|------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|
| Manguezal | 1.057,07 | 260,25 | 24,62 | 971,13 | 91,87 | 21,88 |
| Restinga | 1452,74 | 1261,52 | 86,84 | 610,69 | 42,04 | 219,37 |
| Banhado | 673,72 | 521,61 | 77,42 | 291,69 | 43,30 | 91,76 |
| Total | 3.183,53 | 2.043,38 | 64,19 | 1.873,51 | 58,85 | 64,32 |

Os resultados indicam que a criação do REVIS, dentro dos limites propostos, significaria um ganho representativo (64%) na proteção dos ecossistemas de banhado, restinga e

manguezal, com o destaque para os ganhos na proteção dos ecossistemas restinga (219,37%) e banhado (91,76%), que são os mais ameaçados pelo PD.

Observando-se as porcentagens de áreas de cada ecossistema abarcadas pela proposta do REVIS, observa-se que somente o manguezal atingiu a meta proposta, que era de 90%, com 91,87% de área inclusa. Já o ecossistema restinga, que possuía meta de 60% de área preservada, atingiu 42% e o banhado, que possuía 50% como meta, atingiu somente 43,30%.

As metas não foram atingidas devido aos maiores custos envolvendo a proteção das restingas e banhados, nessa ordem, por ambos estarem geralmente fora de áreas da união e em áreas com menos restrições legais à ocupação do que os manguezais. Além disso, os fragmentos de restinga e banhado tendem a ser mais fragmentados do que o manguezal, que se apresenta como uma mancha contínua.

As áreas envolvendo os SEs de pesca artesanal e de potencial para o ecoturismo foram totalmente incluídas na proposta, atingindo a meta estabelecida.

Mesmo sem atingir a totalidade das metas, a proposta representa um grande aporte à manutenção e promoção dos SEs mais importantes para a região.

4. Conclusões

O PSC, com auxílio do programa ‘Marxan’, se mostrou satisfatório na definição de áreas protegidas em ambiente urbano, que possuem como característica a grande fragmentação de ecossistemas.

O enfoque em SEs não só foi possível como gerou resultados satisfatórios e coerentes neste estudo de caso.

A implantação de uma UC com a categoria de REVIS na região é possível com área representativa para uma realidade urbana contida em uma capital de estado. Essa UC representaria um ganho considerável na manutenção dos SEs hoje existentes, com ênfase na promoção dos SEs da pesca artesanal, hoje em decadência, e do atualmente pouco explorado ecoturismo.

Agradecimentos

Aos colegas do Laboratório de Gestão Costeira Integrada da UFSC e do ICMBio, em especial os amigos Mario Luiz Martins Pereira e Tiago Gandra, pela ajuda prestada.

Referências Bibliográficas

- Ball, Ian R; Possingham, Hugh P; Watts, M. Marxan and relatives: software for spatial conservation prioritisation. **Spatial conservation prioritisation: quantitative methods and computational tools**. Oxford University Press, Oxford, p. 185–195, 2009.
- Brasil. **Lei Federal 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**. Brasília: DOU de 19.07.2000: Brasil. , 2000
- Butchart, Stuart H M *et al.* Protecting important sites for biodiversity contributes to meeting global conservation targets. **PLoS ONE**, v. 7, n. 3, p. 1–9, 2012.
- Delavenne, Juliette *et al.* Systematic conservation planning in the eastern English Channel: comparing the Marxan and Zonation decision-support tools. **ICES Journal of Marine Science**, v. 69, n. 1, p. 75–83, 2013.
- Figueiroa, Apoena Calixto; Scherer, Marinez Eymael. Para onde estamos indo? Uma avaliação do plano diretor do Município de Florianópolis para o entorno da Estação Ecológica de Carijós. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 38, n. 0, p. 283–301, 31 ago. 2016b. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/made/article/view/47110>>. Acesso em: 6 set. 2016.
- Game, E T; Grantham, H S. **Marxan user manual: for Marxan version 1.8. 10**. St. Lucia, Queensland, Australia and Vancouver, British Columbia, Canada: University of Queensland and Pacific Marine Analysis and

Research Association, p. 1–127, 2008.

Holling, C.S. Adaptive Environmental Assessment and Management. **International Series on Applied Systems Analysis**, p. 402, 1978.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de manejo da Estação Ecológica de Carijós**. IBAMA, 2003. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/marinho/unidades-de-conservacao-marinho/2251-esec-de-carijos>. Acesso em: maio de 2016.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Proposição de Unidades de Conservação na Região dos Abrolhos - Documento-Base**. Brasília: MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2012.

Instituto Carijós – Instituto Carijós Pró-Conservação da Natureza; ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Ação Participativo para a Conservação dos recursos pesqueiros do Rio Ratonés**. Produto do “Projeto PDA 066-MA – Implementação do Plano de Manejo da Estação Ecológica de Carijós”. Florianópolis, 2008. Disponível na biblioteca da sede da Estação Ecológica de Carijós, Florianópolis/SC.

Instituto Carijós – Instituto Carijós Pró-Conservação da Natureza; ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Monitoramento da dinâmica da paisagem no entorno da ESEC Carijós**. Produto do “Projeto PDA 066-MA – Implementação do Plano de Manejo da Estação Ecológica de Carijós”. Florianópolis, 2009. Disponível na biblioteca da sede da Estação Ecológica de Carijós, Florianópolis/SC.

Lin, Shiwei *et al.* Identifying local-scale wilderness for on-ground conservation actions within a global biodiversity hotspot. **Scientific Reports**, v. 6, n. January, p. 25898, 2016. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/srep25898>.

Margules, C R; Sarkar, S. Systematic conservation planning. **Ecology, biodiversity, and conservation**, v. 405, n. May, p. 270, 2007.

Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. **Millennium Ecosystem Assessment**, p. 36, 2005.

Moilanen, Atte; Wilson, Kerrie A; Possingham, Hugh. **Spatial conservation prioritization: quantitative methods and computational tools**. [S.l.]: Oxford University Press, 2009.

Rodrigues, Ana S. L. *et al.* Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. **Nature**, v. 428, n. 6983, p. 640–643, 2004.

Saout, Soizic Le *et al.* Protected Areas and Effective Biodiversity Conservation. **Science**, v. 342, n. November, p. 803–805, 2013. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/content/342/6160/803.short>.

Silva, Ricardo Brochado Alves. **Instrumental para definição de zonas de amortecimento de unidades de conservação: o caso da Estação Ecológica de Carijós-IBAMA, Florianópolis/SC**. 2005. 139 f. Dissertação de mestrado em geografia – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2005.

Thomas, Chris D *et al.* Protected areas facilitate species’ range expansions. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, n. 35, p. 14063–8, 2012. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3435229&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.