



Redefinição em ambiente SIG de áreas especialmente protegidas: caso do município de Santa Maria, (RS) Brasil

Redefinition of special protection areas in a GIS environment: the case of the municipality of Santa Maria, Brazil

Redefinición en ambiente SIG de áreas especialmente protegidas: caso del municipio de Santa Maria, Brasil

Fernanda Maria Follmann

Universidade Federal de Santa Maria

fermariafoll@gmail.com

Eliane Maria Foletto

Universidade Federal de Santa Maria

efoletto@gmail.com

Resumo: Os elementos que integram as paisagens prestam serviços ambientais à sociedade, de tal forma que pesquisas baseadas em avaliação de múltiplos critérios constituem estratégias valiosas para a definição de áreas para proteção ambiental. No município de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, existem áreas especialmente protegidas de âmbito local, sendo criadas com base em documentos cartográficos, por vezes, incompatíveis com o escopo ambiental local. Este trabalho tem como objetivo a redefinição dessas áreas especialmente protegidas, considerando os elementos das paisagens que tenham aplicação na abordagem multicriterial em ambiente de Sistema de Informação Geográfica. A metodologia aporta-se nos componentes da paisagem: vegetação, geologia-geomorfologia e hidrografia. O resultado da pesquisa foi a elaboração de um mapa com a redefinição das áreas especialmente protegidas, gerado por meio dos critérios: Uso e Cobertura da terra; Distância da drenagem; Abastecimento de água; Locais geoturísticos e sítios fossilíferos e; Áreas Especiais Naturais. Tais mapeamentos foram ponderados na mesma escala e mesma classificação de pesos, de acordo com a ordem de importância, permitindo

assim, a reordenação dos limites territoriais das áreas especialmente protegidas de forma mais condizente com a realidade local.

Palavras-chave: Atributos da paisagem; Análise multicritério; Ordenamento territorial.

Abstract: The elements that compose landscapes provide environmental services to society, in such a way that research based on multiple criteria evaluation can constitute valuable strategies for defining areas of environmental protection. In the municipality of Santa Maria, State of Rio Grande do Sul, Brazil, there are local special protection areas being created based on cartographic documents, which sometimes are incompatible with the local environmental scope. This work aims to redefine these special protection areas by considering the elements of the landscapes that have applications in the multicriteria approach in a Geographic Information System environment. The methodology focuses on the components of the landscape: vegetation, geology-geomorphology, and hydrography. The result of the research was the creation of a map with the redefinition of specially protected areas, generated through the criteria: Land Use and Coverage; Drainage distance; Water supply; Geotouristic sites, and fossiliferous sites and; Special Natural Areas. Such mappings were weighted on the same scale and same classification of weights, according to the order of importance, thus allowing the reordering of the territorial limits of specially protected areas in a way more consistent with the local reality.

Keywords: Landscape attributes; Multicriteria analysis; Land use planning.

Resumen: Los elementos que integran los paisajes prestan servicios ambientales a la sociedad, de tal manera que las investigaciones basadas en evaluación de múltiples criterios constituyen estrategias valiosas para la definición de áreas para protección ambiental. En el municipio de Santa Maria, provincia de Rio Grande do Sul, Brasil, existen áreas especialmente protegidas del ámbito local, siendo creadas basadas en documentos cartográficos, a veces, incompatibles con el escopo ambiental local. Este trabajo tiene como objetivo la redefinición de esas áreas especialmente protegidas, considerando los elementos de los paisajes que tengan aplicación en el abordaje

con múltiples criterios en ambiente del Sistema de Información Geográfica. La metodología se centra en los componentes del paisaje: vegetación, geología-geomorfología e hidrografía. El resultado de la investigación fue la creación de un mapa con la redefinición de áreas especialmente protegidas, generado a través de los criterios: Uso y Cobertura del Suelo; Distancia de drenaje; Abastecimiento de agua; Sitios geoturísticos y sitios fosilíferos y; Espacios Naturales Especiales. Dichos mapeos fueron ponderados en la misma escala y misma clasificación de pesos, según el orden de importancia, permitiendo así reordenar los límites territoriales de las áreas especialmente protegidas de una manera más acorde con la realidad local.

Palabras clave: Atributos del paisaje; Análisis con múltiples criterios; Ordenamiento territorial.

Introdução

As pesquisas que envolvem questões ambientais remetem a uma análise integrada de diversos elementos das paisagens natural e antrópica. No que diz respeito às áreas destinadas à proteção ambiental, estas são criadas de acordo com os aspectos intrínsecos aos locais de origem, de modo a valorizar e proteger características naturais e/ou culturais. Em tal perspectiva, é possível observar as dificuldades de criação e efetivação de áreas quando somente são considerados elementos únicos a serem protegidos, e sem inserção do componente antrópico.

Ao instituir uma área com especificações de conservação ambiental, torna-se importante estudar sobre a necessidade de considerar o sistema paisagístico como um todo, pois, os benefícios que a natureza oferece ao Homem e que suportam, direta ou indiretamente, o seu bem-estar, saúde, e os meios de subsistência e sobrevivência necessários são elencados como serviços ambientais (Daily et al. 1997; MEA 2003). Estes serviços incluem: 1) serviços de provisão, que são os resultados materiais e energéticos dos ecossistemas a partir dos quais são gerados produtos como alimentos, água e energia; 2) serviços de regulação e manutenção, tais como o controle da erosão do solo, a regulação da água e do clima, o controle de pragas e doenças; a formação do solo e o ciclo de nutrientes; e 3) serviços culturais, que abrangem todas as características dos ecossistemas que contribuem para o bem-estar das pessoas, como os benefícios de carácter recreativo, espiritual e religioso ou aqueles relacionados com a identidade e herança (MEA 2005; Pittock et al. 2012).

Em tal contexto de importância dos sistemas paisagísticos, é visível o impacto da atividade humana nos ecossistemas, em quais os riscos gerais associados à modificação de paisagens ameaçam seriamente a conservação da biodiversidade e dos serviços fornecidos pelos ecossistemas (IPBES, 2019). Para isso, Guerra e Marçal (2010) abordam que a análise multicritério considera a complexidade dos sistemas dinâmicos das paisagens, e constitui-se em um desafio ainda maior para o pesquisador. Isso porque, o sistema paisagístico reúne elementos que provisionam serviços ambientais de regulação, culturais e provisão, os quais requerem apreciação aquando da definição de áreas protegidas.

No contexto brasileiro, as áreas protegidas podem ser instituídas pelas instâncias federal, estadual ou municipal (BRASIL, 1988), quer integradas nos Planos Diretores municipais ou mesmo por meio de normativas específicas. No que tange à instância federal, existem distintas tipologias de áreas protegidas no Brasil: as que foram criadas anteriormente à implantação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (BRASIL, 2000), e as instituídas através da criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

Em âmbito de município, apresentam-se as Áreas Especiais Naturais, que possuem jurisprudência municipal. No município de Santa Maria, estas áreas protegidas são descritas na Lei de Uso e Ocupação do Solo municipal e são classificadas como: Áreas Especiais de Conservação Natural e Áreas Especiais de Preservação Permanente (SANTA MARIA, 2009).

O presente trabalho busca averiguar e redefinir os limites das Áreas Especiais Naturais existentes, sendo a perspectiva sistêmica, que envolve a dinâmica da paisagem, a mais adequada para o estudo, pois integra os componentes físicos, bióticos e antrópicos. A justificativa para esta investigação está pautada na identificação de lacunas relativamente aos instrumentos legais/planos de proteção ambiental a que as atuais Áreas Especiais Naturais estão vinculadas, sendo um dos entraves à não compreensão dos elementos primordiais a que tais áreas estão sobrepostas, de patrimônios naturais e culturais, os quais não foram devidamente inseridos e/ou valorizados quando do ordenamento do território.

Nesse sentido, a pesquisa necessita de uma metodologia a partir da qual seja possível a obtenção de resultados plausíveis de uma aplicabilidade da proteção, sendo, a análise multicritério, como auxílio à tomada de decisão, a ferramenta que permite a incorporação de vários atributos da paisagem para uma melhor definição das diretrizes e ações a serem efetivadas no espaço físico-territorial. O campo de critérios possíveis para a organização e tomada de decisões é amplo, onde diversas abordagens podem ser utilizadas, inclusive para a determinação de áreas com destino à proteção ambiental, a exemplo de Oliveira *et al* (2014); Sartori (2010); Pinto *et. al* (2014); e Silva e Accioly (2018).

Neste trabalho, o objetivo consiste em redefinir as áreas protegidas do município de Santa Maria, o qual integra um dos objetivos da Tese de Follmann (2018). A reestruturação destas áreas especialmente prote-

gidas baseia-se no processo que será desenvolvido por meio da análise qualitativa dos serviços ambientais provisionados em Santa Maria. Trata-se de um trabalho metodológico que visa proporcionar uma ampla visão dos elementos paisagísticos, sustentada numa base teórica e científica, de modo a ser uma ferramenta de aplicação no ordenamento territorial.

Multicritério para auxílio da tomada de decisão

A Análise Multicritério consiste na utilização de mais de uma alternativa para resolução de problemas. Para Voogd (1982), ela reflete possibilidades que são determinadas por meio de um conjunto de critérios. Segundo Trevisan (2008) o método de análise comparativa com mais de duas alternativas denomina-se Auxílio Multicritério à Decisão, uma vez que qualquer decisão, de qualquer natureza, quando afeta grupos humanos (ou outros), deve ser tomada sob múltiplas perspectivas, ou mesmo, quando sob um enfoque particular, há várias ações ou estados potenciais.

A complexidade de resolução dos problemas ambientais converge como uma das possibilidades na utilização do mapa conceitual pelo tomador de decisão "Todo o mapa conceitual responde a uma questão focal, e uma boa questão focal pode conduzir a um mapa conceitual muito mais rico" (NOVAK & CAÑAS, 2008, p. 08). A construção de mapas conceituais possibilita a interconexão de conceitos, os quais possibilitam ao tomador de decisão (pesquisador, representantes do Poder Público, entre outros) identificar os critérios-chave para a solução de um problema.

A utilização do procedimento multicriterial vem ao encontro da abordagem sistêmica, e o procedimento pelo qual os critérios são selecionados e combinados para chegar a uma avaliação específica é conhecida como uma regra de decisão. A identificação das camadas de dados se refere à definição dos critérios necessários para que o problema da pesquisa em questão possa ser resolvido. Assim, é necessário que o tomador de decisão escolha critérios possíveis de aplicação e avaliação em SIG. Assim, conforme Valente (2005):

A abordagem multicriterial é uma das técnicas empregadas para a tomada de decisão que foi incorporada nos SIG. Nesta abordagem, a base para a tomada de decisão, que pode ser medida e avaliada, é

chamada de critério, que pode ser dividido em fatores e restrições. Os fatores equivalem às diferentes características e/ou processos de uma paisagem, importantes à geração do mapa de prioridades.

Eastman (2003) refere que uma das características da avaliação multicritério é proceder à combinação dos diversos critérios definidos previamente, em qual o uso da Combinação Linear Ponderada aplicada às questões ambientais contribui para o diagnóstico dos elementos que compõem os sistemas ambientais, os quais não são excludentes entre si, mas somam-se através de variáveis de importâncias distintas. Assim, “os critérios são permitidos para negociar suas qualidades, em que uma qualidade muito baixa pode ser compensada por ter uma série de qualidades muito favoráveis” (EASTMAN, 2003, p. 148).

A utilização das ferramentas que integram uma análise multicritério, com apreciação conjunta de elementos quali-quantitativos, permitem a geração de mapas e modelos condizentes à resolução dos problemas. Assim, a utilização da avaliação com múltiplos critérios em SIG, mostra-se uma ferramenta capaz de integrar atributos da paisagem necessários à resolução de um determinado problema de pesquisa.

Área de estudo

O município de Santa Maria está localizado na região centro do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. É a quinta cidade mais populosa do estado e considerada uma cidade média, com 271 633 habitantes (IBGE, 2022). Relativamente à formação do núcleo urbano, Santa Maria começa a ter destaque enquanto povoado a partir da segunda Comissão Demarcadora de Limites, no ano de 1797, que assinalou o início da evolução espacial da cidade (VIERO e FIGUEIREDO, 2012). O contingente militar instalado no povoado atraiu pessoas com o objetivo de adquirir terras e atividades comerciais. Tal busca pela localização estratégica de Santa Maria, propiciou a abertura da estrada de ferro no ano de 1885, contribuindo para o desenvolvimento populacional e econômico (VIERO e FIGUEIREDO, 2012).

A partir da década de 1960 a ferrovia entra em decadência, desativando a linha de passageiros, mantendo somente o setor de cargas pesadas (DAL’ASTA, 2009). Viero e Figueiredo (2012), mencionam que a

população continuou a crescer, acompanhando o acréscimo do contingente militar no município, atualmente o segundo maior do Brasil, para além da instalação da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, em 1960, que foi a primeira universidade federal criada no interior (fora de uma capital brasileira). Desse modo, a economia e o crescimento da cidade são fortemente influenciados pela presença da UFSM, que gera uma população flutuante de aproximadamente 30 mil pessoas, pelo contingente militar, e pelo setor de comércio e serviços (SARTORI, 2000).

Os atuais vetores de crescimento urbano no Município de Santa Maria têm as direções Oeste e Leste como linha de base pois, ao Norte, o crescimento está condicionado pelos morros do Planalto Meridional e, a Sudoeste, pelas grandes propriedades de terras pertencentes ao exército brasileiro (SAURIM, 2005). Santa Maria teve um forte crescimento urbano após a instalação da UFSM e da Base aérea, no setor Leste da cidade, e do Distrito Industrial no setor Oeste, com um crescimento positivo constante da sua população urbana (DAL’ASTA, 2009). Dados do IBGE (2022) apresentam a expansão elevada da população a partir da década de 1970 (fig. 1), após a instalação da UFSM, resultando, atualmente, numa população urbana superior a 95%.

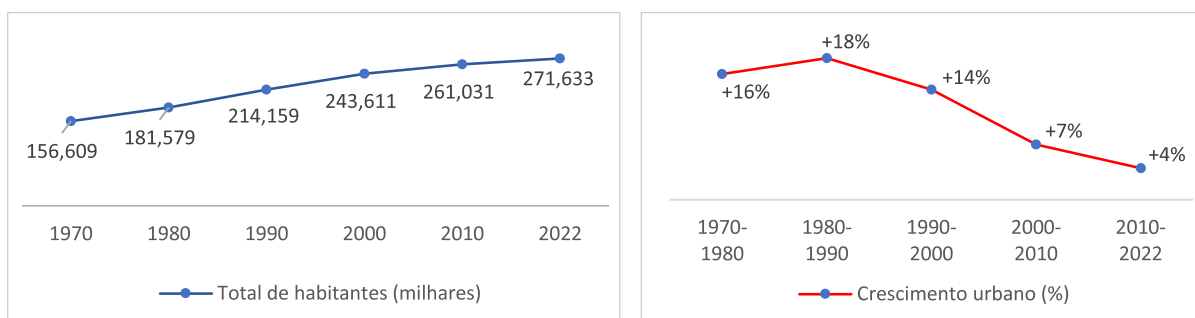


Figura 1 - Índices populacionais de Santa Maria.

Fonte: organizado pelos autores (2023), a partir de IBGE (2022).

A expansão urbana, mesmo com o sentido Leste-Oeste como principal, tem pressionado o setor Norte do município. Tal pressão, encontra-se em projetos tramitados em âmbito municipal para novos loteamentos, bem como na expansão urbana irregular.

Em termos geomorfológicos, Santa Maria localiza-se na Depressão Periférica Sul-Riograndense, na transição com o Planalto Meridional

brasileiro, possuindo como característica marcante na paisagem, os morros, que formam a encosta do planalto. Em termos de vegetação, predomina o Bioma Mata Atlântica na porção norte da cidade, vegetação que entra em contato com os campos sulinos, pertencentes ao Bioma Pampa, à medida que se avança para o centro-sul da cidade. Dessa forma, Santa Maria encontra-se numa zona de transição de dois grandes Biomas brasileiros (MARCHIORI, 2009; KILCA & LONGHI, 2011; ROBAINA et al., 2011).

Para tanto, a área selecionada para o estudo (fig. 2), foi estipulada com base no Plano Diretor do município de Santa Maria, o qual é integrado pela Lei de Uso e Ocupação do Solo (SANTA MARIA, 2009). Nesta lei são definidas as Áreas Especiais Naturais.

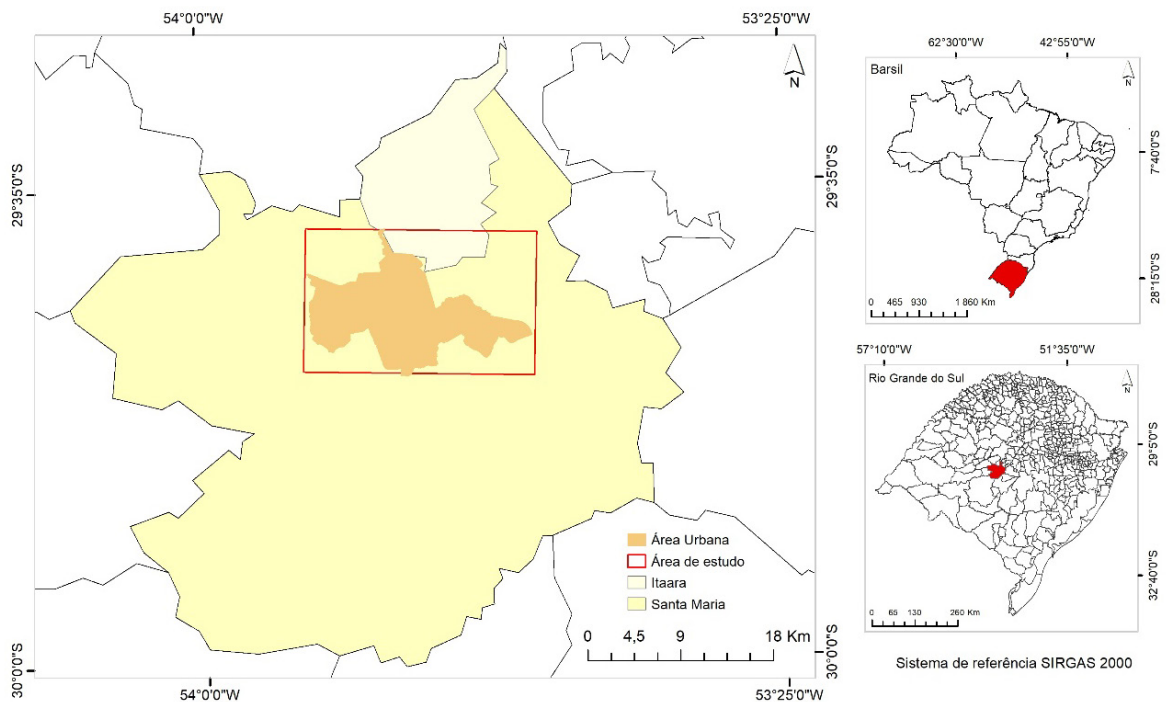


Figura 2 - Localização da Área de Estudo.

Fonte: organizado pelos autores (2023), a partir de IPLAN e IBGE (2022).

As Áreas Especiais Naturais no município foram criadas no ano de 2005, reformuladas na Lei Municipal nº 072/2009 (SANTA MARIA, 2009), entretanto, falhas quanto à delimitação e quanto à implementação ainda são verificáveis (fig. 3). Follmann (2018), associa essa situação à não observância da complexidade inerente à paisagem.

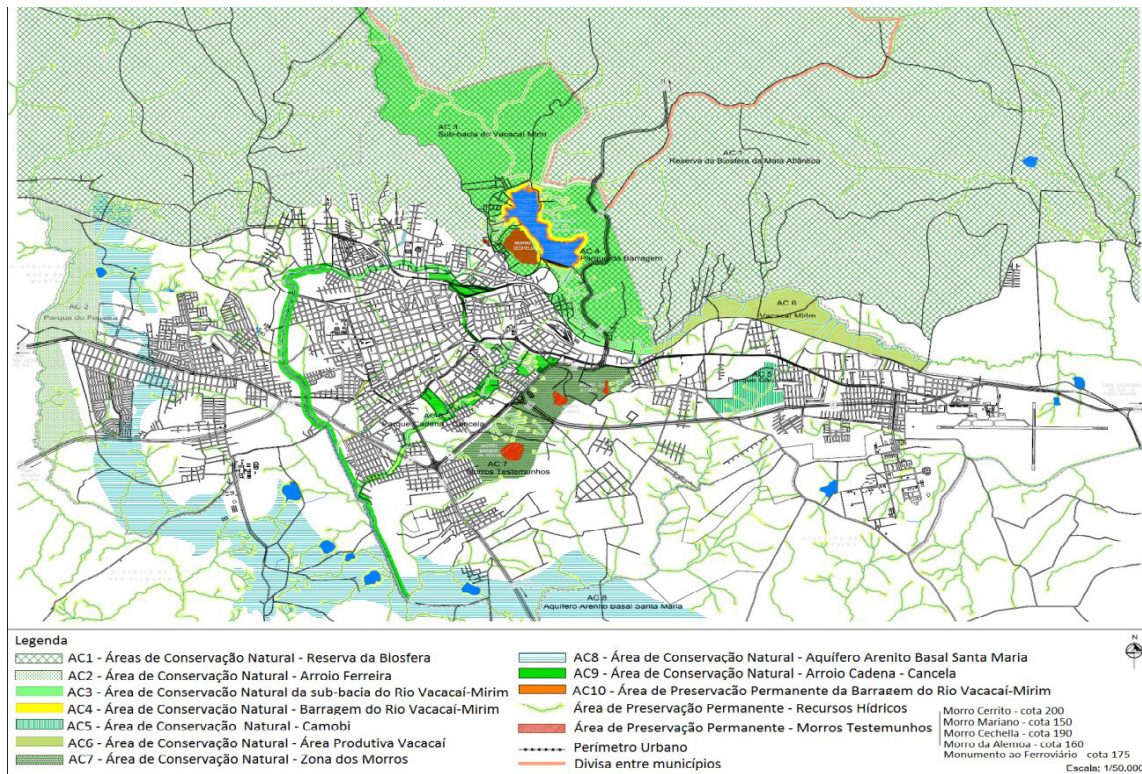


Figura 3 - Áreas Especiais Naturais.

Fonte: LUOS de Santa Maria, 2009.

O recorte territorial do estudo configura-se como uma área que agrega as paisagens, desde campos, florestas, áreas de morros, vales, planícies e coxilhas. Dessa maneira, a justificativa do estudo está atrelada à fragilidade em que as áreas relevantes à conservação se encontram, pois, a expansão urbana de Santa Maria faz parte do processo de alteração da paisagem local.

Material e métodos

A otimização do processo metodológico, para redefinição das manchas de conservação dentro da área de estudo, organizou-se em 4 fases, conforme esquematizado na figura 4.

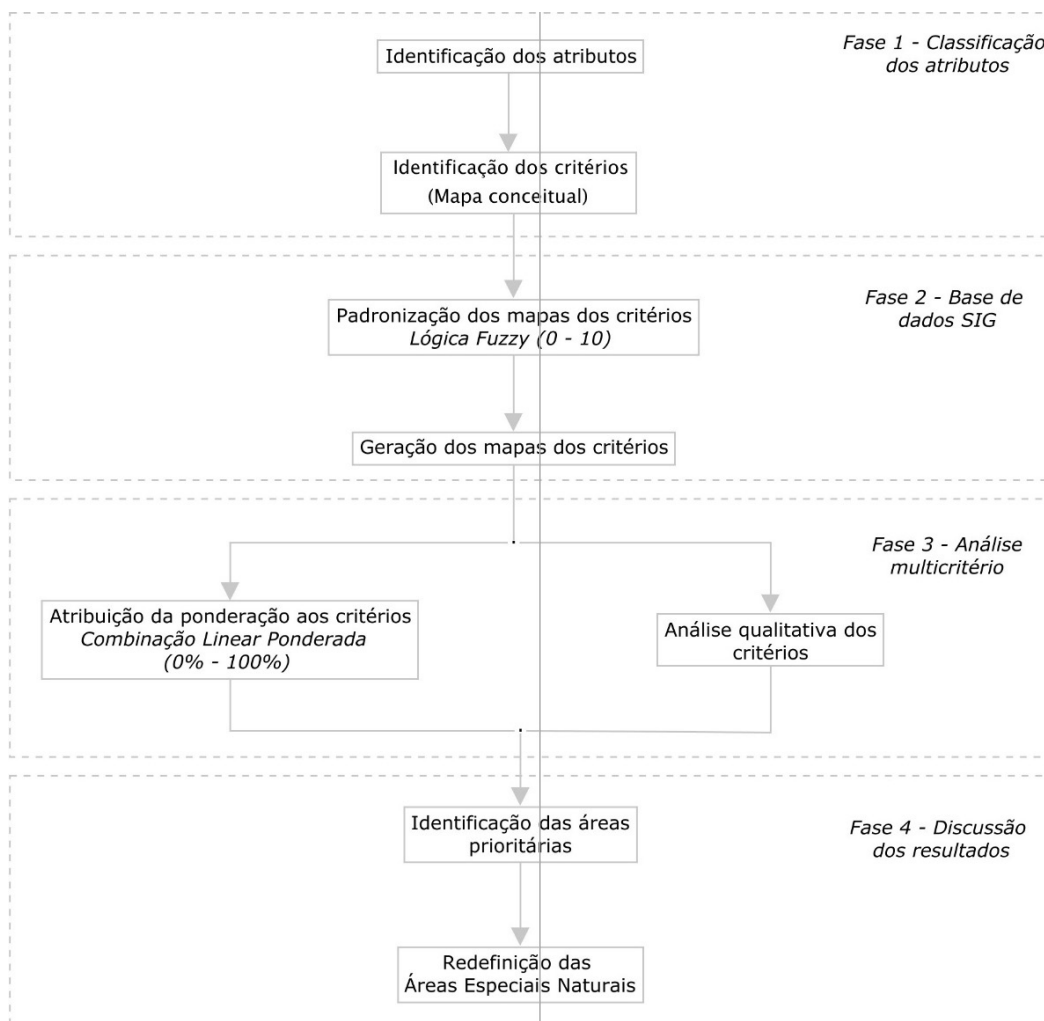


Figura 4 - Caminho metodológico.

Fonte: os autores, (2023)

A representação e a procura de uma solução para um problema que envolve a paisagem representa um desafio, de tal modo que a primeira fase do processo metodológico, consiste na seleção e classificação dos atributos da paisagem. Tal etapa foi desenvolvida por meio da construção e análise do mapa conceitual, teorizado na necessidade de conservação dos elementos da paisagem prestadores de serviços ambientais em Santa Maria, bem como em trabalhos de campo.

Na Fase-2, foi preciso padronizar os mapas dos fatores, pois, o objeto da aplicação multicritério é, também, a padronização. Assim, antes do desenvolvimento da Combinação Linear Ponderada (fig. 4 – fase 3), os fatores dos critérios foram padronizados na mesma escala (1:30.000), com resolução espacial dos pixels para estudo, de 15m (fig. 4 – fase 2).

Para além da padronização dos mapas dos critérios na mesma escala, o módulo *fuzzy* constituiu a estratégia para definição das classes de mapeamentos, pois não apresentam limites rígidos, diminuindo a probabilidade de erro. Esta etapa, de acordo com Trevisan (2008, p. 46) é onde o “cuidado atencioso na distribuição dos pesos entre os critérios é fundamental, sendo importante observar que essa distribuição deve ser imparcial”.

De tal maneira, a classificação dos critérios foram: 1 - Uso e Cobertura da terra; 2 - Distância da drenagem; 3 - Abastecimento de água; 4 - Locais geoturísticos e sítios fossilíferos e; 5 - Áreas Especiais Naturais. Tais mapeamentos foram ponderados na mesma escala e mesma classificação de pesos, de acordo com a ordem de importância.

Para o mapeamento do critério “Uso e cobertura da terra”, a imagem de satélite foi classificada de modo supervisionado, método de máxima verossimilhança, considerando o algoritmo MAXVER, onde se estimam os usos da terra da área de estudo, disponível na plataforma ArcGis®. Dessa forma, diferentes feições de interesse puderam ser definidas: vegetação arbórea (Bioma Mata Atlântica), campos naturais (Bioma Pampa), água (rios e açudes), agricultura/solo exposto e área urbana (separada para fins de análise).

A reflexão sobre a maior necessidade de conservação dos fatores elencados no “Uso e cobertura da terra”, ocorreu por meio da análise da legislação disponível sobre a proteção ambiental no Brasil, - Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), Reservas da Biosfera e SNUC (BRASIL, 2000) -, além de estudos em artigos científicos que tratam sobre a temática e trabalhos de campo realizados na área de estudo.

Para a definição da “Distância da drenagem”, as Áreas de Preservação Permanente foram consideradas seguindo a Legislação Federal que dispõe sobre a proteção dos mananciais hídricos, o Novo Código Florestal brasileiro (BRASIL, 2012), no que tange à proteção das faixas marginais de qualquer curso d’água natural, perene ou intermitente. Assim, os *buffers* de ordem e prioridade de conservação, remetem para as distâncias dos recursos hídricos estabelecidos por essas diretrizes. A base de dados destas drenagens foi obtida na Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (SEMA).

A definição da ordem de importância para os componentes do critério “Abastecimento de água” está associada à principal sub-bacia de abastecimento de água (Sub-bacia do Rio Vacacaí/Vacacaí-Mirim), e à área de recarga do aquífero Passo das Tropas. As águas superficiais têm maior evidência, devido à maior incidência de poluição em relação às águas subterrâneas.

Os “Locais Geoturísticos e Sítios Fossilíferos” são compostos por atributos da paisagem que agregam a geodiversidade, a biodiversidade e os usos antrópicos. Foram identificados por meio de trabalhos de campo, com realização de entrevistas à ONG Bandeirantes da Serra, à Secretaria de Turismo e à Secretaria de Meio Ambiente de Santa Maria, estes que, correspondem, respectivamente, a uma organização que possui ampla atividade de educação ambiental e aos setores do poder público responsáveis pelo ordenamento do território. Relativamente aos sítios fossilíferos, a sua identificação pautou-se em estudos realizados por Lorenci (2013) e Rosa (2004). A ordem foi atribuída por meio da classificação de pesos, estruturados nos serviços ambientais associados aos locais.

Ao critério das “Áreas Especiais Naturais”, os pesos mais elevados foram atribuídos às áreas de preservação, mencionadas em legislações federais de proteção. A ordem de importância alta, atribuída à RBMA (Reserva da Biosfera da Mata Atlântica), por compor uma recomendação internacional e normativa federal de proteção da Mata Atlântica, foi sobreposta a outras áreas de menor e outras de maior importância, tornando-a numa ordem de importância intermediária na análise. Por outro lado, as demais áreas de conservação, os pesos atribuídos foram menores, pois atuam como corredores de biodiversidade em que o uso direto é permitido.

A atribuição dos pesos descritos, fundamentou-se, no provisionamento de serviço ambiental. No quadro 1 são apresentados os principais serviços ambientais que são, ou podem ser desempenhados pelos fatores dos critérios de maior importância ambiental.

Quadro 1 - Serviços ambientais em relação aos principais fatores dos critérios.

Serviços ambientais mais relevantes localmente	Importância atribuída aos fatores dos critérios com base nos serviços ambientais				
	1. Floresta e campo	2. Proximidade das drenagens	3. Sub-bacia hidrográfica e área de recarga de aquífero	4. Cascatas, mirantes e sítios fossilíferos	5. Áreas Especiais Naturais
Conservação da biodiversidade					
Controle de pragas e doenças					
Regulação dos ciclos das águas					
Qualidade de quantidade de água para abastecimento					
Controle de enchentes e erosão					
Regulação térmica					
Matéria prima para geração de energia					
Atividades espirituais e/ou religiosas					
Atividade científicas e educação ambiental					
Turismo					
Lazer e recreação					

Descrição: Quanto maior a intensidade da cor, maior é a importância do serviço ambiental prestado.

Na Fase-3, a Combinação Linear Ponderada foi considerada a abordagem que melhor se ajusta na aplicação dos critérios previstos neste processo de análise. A atribuição de ponderações aos fatores dos critérios, e de pesos aos respectivos fatores, fundamentou-se em Follmann (2018), através de uma avaliação do valor qualitativo dos serviços ambientais desenvolvida por meio da análise de cada componente da paisagem e suas inter-relações. Com base em Follmann (2018), a importância atribuída (ponderações) a cada um dos critérios teve como suporte teórico e científico a prestação de serviços ambientais na área de estudo, corroborados em trabalhos de campo.

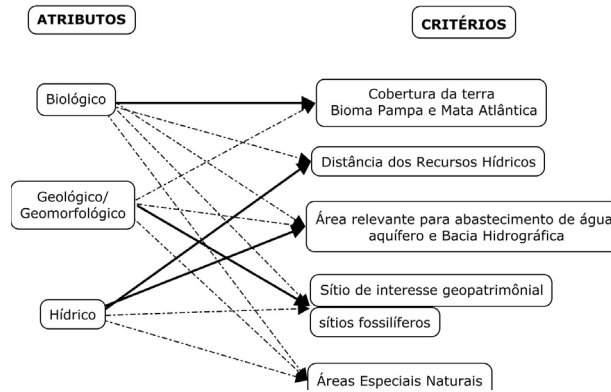


Figura 5 - Relação entre a representatividade dos atributos nos mapeamentos dos critérios.

Fonte: Follmann (2018).

Descrição: As setas contínuas representam a maior representatividade dos atributos nos mapeamentos dos critérios.

Praticamente todos os atributos são incorporados nos mapeamentos de todos os critérios, no entanto, alguns têm maior representatividade em determinados mapeamentos (espessura da linha). De tal modo, foram atribuídos os seguintes valores de importância ponderados: cobertura do solo (30%); distância de drenagem (20%); áreas relevantes para captação de água (25%); locais de interesse geoturístico e sítios fossilíferos (10%) e; Áreas Especiais Naturais (15%). A organização da distribuição entre estes valores de importância sintetiza-se na figura 6.

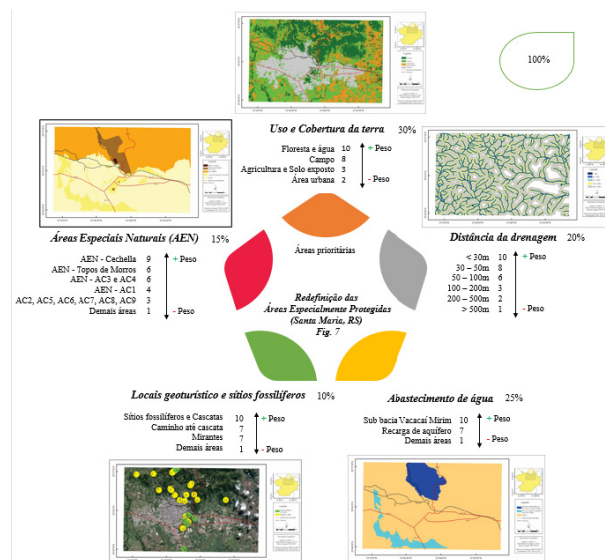


Figura 6 - Organização para redefinição de Áreas Especialmente Protegidas, em Santa Maria, RS.

Fonte: organizado pelos autores (2023), a partir de Follmann (2018).

O processo de atribuição de pesos aos fatores dos critérios, e ponderações aos critérios, está intrinsecamente ligado ao estudo qualitativo e à metodologia descrita. A Fase 4 – Discussão dos resultados, constitui-se na identificação das áreas com maior importância ambiental e redefinição das Áreas Especiais Naturais, por meio da análise multicriterial em SIG das unidades da paisagem. O uso do procedimento de análise das unidades da paisagem constituiu-se na etapa que organizou e estruturou os resultados deste trabalho, pautado em uma aplicabilidade de âmbito territorial.

Resultados

As áreas mapeadas, compõem-se, fundamentalmente, em paisagem a ser protegida, concentrada no Setor Norte da área de estudo, com evidência à Sub-bacia hidrográfica que abastece o lago da barragem do Rio Vacacaí-Mirim (fig. 7). As demais áreas sobressaem pela cobertura vegetal de mata atlântica (fig. 7) e locais de mirantes, incluindo os morros testemunhos, quase isolados pela urbanização (Setor Oeste-Sul). Ressalta-se a importância de conservar a conexão destes morros com a área Norte/Nordeste, pois remontam a relíquias da formação da paisagem local.



Figura 7 - Paisagem representativa da área de estudo.

Fonte: Fotografia do autor (2017), obtida em trabalho de campo.

A identificação destas áreas, com elevada importância de conservação, foi a base para a reconstrução dos limites das Áreas Especiais Naturais (fig. 8), pautada na estrutura da paisagem. As áreas identificadas foram, portanto, reavaliadas e organizadas em graus de prioridade: extrema, alta, moderada e baixa prioridade à conservação.

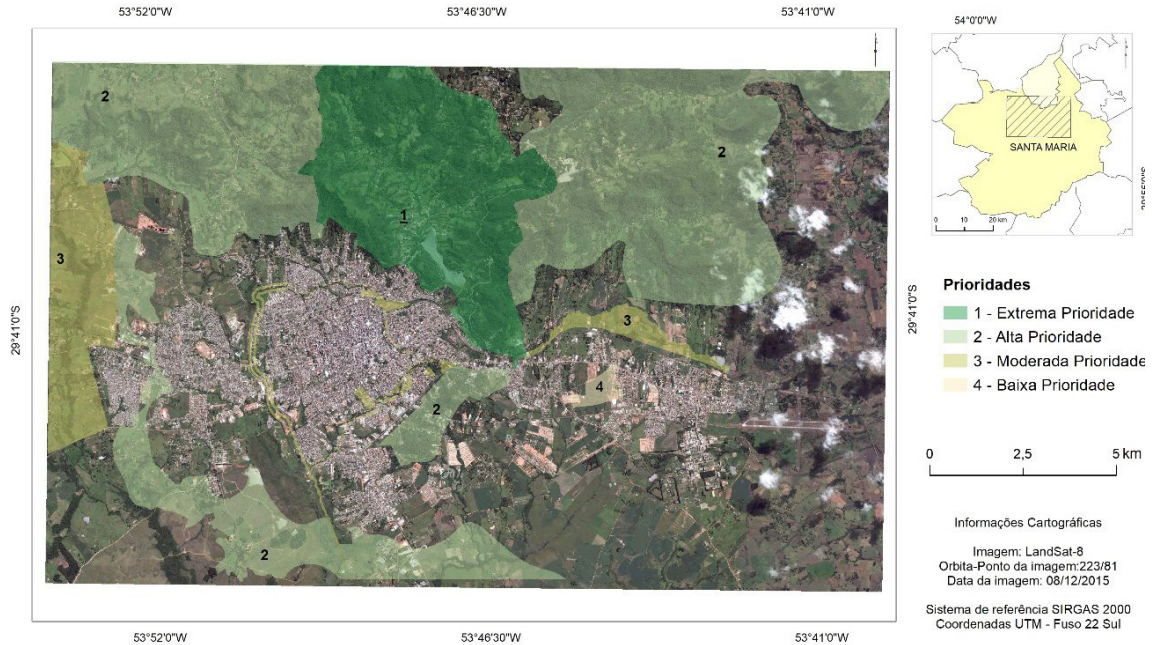


Figura 8 - Redefinição das áreas especialmente protegidas em Santa Maria, RS.

Fonte: os autores, (2023).

A aplicação da metodologia de análise multicritério possibilitou a redefinição das áreas especialmente protegidas, em qual a reorganização das Áreas Especiais Naturais, segue uma ordem de importância quanto à prioridade de conservação. A distribuição dessa redefinição desenvolveu-se em quatro grupos: extrema, alta, moderada e baixa prioridade.

Quadro 2 – Reorganização das áreas especialmente protegidas em Santa Maria, RS, de acordo com a ordem de importância.

ÁREAS ESPECIAIS NATURAIS REDEFINIDAS	ÁREAS ESPECIAIS NATURAIS NA LUOS (2009)
1 - Extrema prioridade	AC1 - Reserva da Biosfera AC3 - Sub-bacia do Rio Vacacaí-Mirim AC4 - Barragem do Rio Vacacaí-Mirim APP dos Morros Testemunhos (Cechella) APP da Barragem do Vacacaí APPs dos recursos hídricos

2 - Alta prioridade	AC1 - Reserva da Biosfera AC7 - Área de Conservação da Zona dos Morros AC8 - Área de Conservação do Aquífero APP dos Morros Testemunhos APPs dos recursos hídricos
3 - Moderada prioridade	AC2 - Arroio Ferreira AC6 - Área produtiva Vacacaí AC9 - Área de Conservação dos Arroios Cadena-Cancela APPs de drenagens
4 - Baixa prioridade	AC5 - Área de Conservação de Camobi

Onde: AC - Área de Conservação; APP - Área de Preservação Permanente

A estruturação dos resultados em quatro grupos de importância relativamente à conservação contribui para a efetivação das normativas de proteção ambiental em nível municipal. Fato justificável quando analisados os limites atribuídos na Lei complementar municipal n. 072/2009 (SANTA MARIA, 2009) para as Áreas Especiais Naturais, pois, algumas delas não condizem com a realidade necessária para proteção, bem como não possuem limites adequados, quando analisados sob a abordagem de unidades das paisagens.

Discussão

Atrelado ao sistema de ideias que remete para valorizar e proteger determinadas paisagens, definiram-se os atributos com maior necessidade à conservação existentes na área de estudo. Os atributos “geológico-geomorfológico, hídrico e de uso e cobertura da terra” foram estabelecidos por se constituírem como estruturadores da paisagem local e desempenharem funções ambientais, a fim de estabelecer uma valorização e proteção destes atributos e propiciar um “exercício de integração entre os elementos físicos e biológicos da natureza, os sistemas que estabelecem entre si e com as ações humanas” (DELPHIN, 2004, p. 04).

A estrutura da paisagem, na qual a redefinição das áreas especialmente protegidas de âmbito municipal esteve pautada (fig. 8), é composta por fragmentos, matriz e corredores (FORMAN & GODRON, 1981, apud RODRIGUEZ & SILVA, 2013). Silva (2015, p. 27), salienta que “as estruturas paisagísticas (matriz, fragmento e corredor) não se encontram ecologicamente ilhadas, mas funcionam como uma rede ecológica que permite o fluxo de matéria, energia, informação, assim como espécies animais e vegetais”.

A ferramenta multicritério, associada às análises das estruturas da paisagem, acarretam benefícios, em termos de consistência teórico-metodológica, na aceitação e aplicabilidade dos resultados. Para Huang et al. (2011), a análise multicritério “proporciona uma melhoria significativa no processo de decisão e aceitação pública da política de correção ou redução sugerida”.

É de salientar que, realizar uma análise multicritério sem uma posterior reorganização pautada num objetivo concreto, constitui um mapeamento sem aplicabilidade efetiva, mas, quando esta análise multicritério é associada a um resultado geográfico, sustentado num sistema de unidades paisagísticas, os resultados do trabalho são passíveis de efetivação e organização dos usos e ocupações do território. Assim, este resultado possui a sequência teórica, metodológica e técnica para ser aplicada no contexto do município de Santa Maria.

Esta relação, entre as Áreas Especiais Naturais (SANTA MARIA, 2009) e as Áreas Especiais Naturais redefinidas, as quais seguem a ordem das classes de prioridade à conservação identificadas (quadro 2), contribui para a compreensão e organização das estratégias necessárias para a efetivação da proteção ambiental local. Além disso, compõem uma rede de conexões, onde os limites de cada uma das classes de prioridade estruturam a paisagem, de modo a possibilitar o fluxo de espécies e serviços ambientais, a partir de corredores biológicos.

A classe “alta prioridade” é a mais representativa em termos de área, porque abrange uma parcela significativa da Reserva da Biosfera. Esta área conecta-se com a de “Extrema prioridade”, constituindo uma área contínua de conservação, em que predomina a vegetação arbórea da mata atlântica.

Silva (2015), ao apresentar uma proposta de conexão de fragmentos florestais em Santa Maria (RS), trabalha particularmente no aspecto biótico da paisagem e traz um resultado de conexões importantes para a proteção dos fragmentos florestais. Entretanto, o atual trabalho contextualiza, além do elemento biótico, a geomorfologia, a geologia, a vegetação campestre, a água e a componente antrópica.

Nesta perspectiva, a agregação de mais componentes na análise focaliza-se em resolver problemas estruturais de ordenamento do território, visto que, quando o plano de gestão do território é pautado so-

mente por um elemento, a tendência é de que outros aspectos sejam minimizados. Desse modo, a presente pesquisa tem a mais valia da integração de elementos que constituem a paisagem, com fins de resolução de problemas conceituais, técnicos e práticos de ordenação territorial.

A Proposta de conexão de fragmentos florestais desenvolvida por Silva (2015) faz visualizar a necessidade de atenção à Zona dos Morros, localizada no setor Sul da cidade, e da Reserva da Biosfera, localizada no Setor Norte, constituindo um local de prioridade em termos de conexão biológica. No entanto, acrescenta-se a essa relevância outros componentes que integram a paisagem, como as áreas que correspondem à classe “Alta prioridade”, representadas pelas Área de Conservação da Zona dos Morros, Área de Conservação do Aquífero e Áreas de Preservação Permanente. Tais áreas mantiveram os mesmos limites territoriais de conservação descritos na Lei de Uso e Ocupação do Solo e agregam elementos patrimoniais, como sítios fossilíferos, áreas livres para infiltração de água e vegetação de tipologia arbórea.

Analisa-se que as áreas de extrema e de alta prioridade à conservação integram importantes elementos da paisagem geradores de serviços ambientais. A vegetação, associada aos recursos hídricos, à geomorfologia e às condições de uso sustentável da terra, realizadas por meio de atividades agropecuárias, integram-se na manutenção da paisagem pois contribuem, através dos fluxos de interações sistêmicas, para a provisão dos serviços ambientais, atuais e futuros. Portanto, constituem-se em áreas com importante potencial socioambiental a ser mantido.

No que se refere à classe “moderada prioridade”, tem-se a necessidade de reconfiguração dos limites da Área de Conservação do Arroio Ferreira. A nova delimitação para esta área (fig. 8), agrega os componentes da paisagem que estruturam o sistema ambiental da mesma, de acordo com os limites de ambas as margens da drenagem, e não somente de uma margem, como ocorre na Área de Conservação do Arroio Ferreira descrita na Lei complementar municipal n. 072/2009 (SANTA MARIA, 2009). Por fim, a única área considerada “baixa prioridade” foi a Área de Conservação de Camobi, na qual os elementos paisagísticos nela existentes não condizem com a complexidade ambiental para fins de conservação.

Os distintos atributos selecionados, com ênfase aos serviços ambientais que o conjunto das paisagens realizam em prol da qualidade de

vida das populações, consiste na discussão que envolveu a identificação das áreas prioritárias à conservação, com suporte teórico-metodológico consistente, a partir do qual se apresentam áreas com especificidades de valorização e conservação da paisagem de Santa Maria.

Diante do exposto, a finalidade de obtenção dos resultados foi estruturada de modo a favorecer a valorização da paisagem de Santa Maria, assim como de apresentar aos tomadores de decisões, por meio de uma metodologia de real aplicabilidade, que a paisagem de Santa Maria tem aporte incontestável para proteção, e que, a redefinição das Áreas Especiais Naturais condiz com a atual necessidade de reordenar o território de Santa Maria em prol da proteção ambiental adequada dessas áreas.

Considerações finais

O município de Santa Maria congrega um mosaico rico de elementos de paisagem condicionado, principalmente, pela existência em seu território de dois biomas brasileiros distintos: a Mata Atlântica e o Pampa. Dentre esses, o de maior apelo visual corresponde ao conjunto de morros testemunhos que constituem a encosta do Planalto Meridional, com vegetação arbórea associada aos mesmos. Considerando esta diversidade paisagística, tal análise viabilizou a geração de mapas de prioridades, por meio da atribuição de pesos e ponderações. A avaliação dos pesos atribuídos a estes critérios resultou num mapa com a redefinição das Áreas Especiais Naturais.

A paisagem configurou-se como o conceito chave para realização da investigação, de modo que possibilitou definir os atributos elencados como essenciais no desempenho dos serviços ambientais. Assim, para o âmbito que envolve a inovação científica de cunho territorial e ambiental, o trabalho extrapolou o atributo vegetação e incorporou elementos importantes para além da biodiversidade, como o cultural, histórico e o de usos pela sociedade.

No entanto, uma das limitações foi a pouca informação da área de estudo, em termos de mapeamentos disponíveis. Trabalhos anteriores abrangiam áreas maiores ou muito específicas, integradas no interior da presente área de estudo. Dessa maneira, o presente estudo demandou

trabalho de campo e tempo para desenvolvimento do mapeamento base, para que fosse possível chegar aos resultados encontrados. Os pontos positivos associam-se à qualidade das classificações realizadas, visto o maior detalhe de observações dos investigadores em prol de um resultado que seja condizente com o uso do setor público de Santa Maria.

Assim, os atributos e critérios analisados estiveram de acordo com a realidade local, relativamente aos serviços ambientais provisionados. A metodologia abordou a união de diferentes atributos da paisagem o que, em termos de ordenamento do território, é de essencial relevância.

Dessa maneira, o presente trabalho, prevê auxiliar futuras projeções vinculadas a este tipo de estudo. A descrição metodológica exposta, somada aos resultados discutidos no corpo do texto, fazem deste estudo, uma mais valia, em termos de um (re)planejamento ambiental e territorial local.

A partir da redefinição das Áreas Especiais Naturais, para o município de Santa Maria, em áreas de extrema, alta, moderada e baixa prioridade de conservação na área de estudo, verifica-se a necessidade de uma atualização do mapa de Áreas Especiais Naturais do município, seguindo a ordem de prioridade de conservação identificada na presente pesquisa. A metodologia utilizada auxilia o poder público no entendimento de reorganização, pois utiliza elementos/critérios da paisagem fidedignos. Por fim, os resultados do presente estudo têm como aparato a contribuição metodológica e científica necessárias para a utilização como ferramenta de aplicação na reorganização das Áreas Especiais Naturais, visto a falta de estudos que agregam diferentes atributos da paisagem.

Agradecimentos

Financiamento da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Referências

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço metodológico. **RA'É GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Tradução de Olga Cruz.

BOLÓS, Maria de. **Ciência del paisaje: Teoría, métodos y aplicaciones**. Barcelona, Masson S.A. 1992.

BRASIL. Constituição Federal do Brasil (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Diário Oficial [da] Presidência da República: Casa Civil, Brasília, DF, 05 out. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm

BRASIL. Lei n. 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] Presidência da República: Casa Civil, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm

BRASIL. Lei n. 12.651 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; Diário Oficial [da] Presidência da República: Casa Civil, Brasília, DF, 15 set. 1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm

DAILY G.C. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. **Issues in Ecology**, 2: 1-16. 1997.

DAL'ASTA, A. P. Elaboração de zoneamento geoambiental para o perímetro urbano de Santa Maria-RS. 2009. 198 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

DELPHIM, Carlos Fernando de Moura. O Patrimônio Natural no Brasil. Rio de Janeiro, **IPHAN**, 2004 http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Patrimonio_Natural_no_Brasil.pdf

EASTMAN, J. Ronald. **IDRISI Kilimanjaro**: Guide to GIS and Image Processing. Worcester, MA: Clark University, 2003

FOLLMANN, Fernanda Maria. Áreas prioritárias à conservação ambiental em Santa Maria/RS: estratégias para gestão ambiental municipal. 29.05.2018, 261f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 29.05.2018.

GUERRA, Antônio José Teixeira; MARÇAL, Mônica dos Santos. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

HUANG, Ivy; KEISLER, Jeffrey; LINKOV, Igor. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. **Science of the Total Environment**, 409(19), 3578-3594, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico, IBGE. Consultado a 23. 04. 2022 <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=resultados>

IPBES. Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany. 2019 <https://www.ipbes.net/global-assessment>

KILCA, Ricardo de Vargas; LONGHI, Solon Jonas. **A composição florística e a estrutura das florestas secundárias no rebordo do Planalto Meridional**. In: SCHUMACHER, M. V. et al (ed.). A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria: Pallotti, 2011. p. 53-83.

LORENCI, Carmen Terezinha Barcellos. Geoturismo: Uma ferramenta auxiliar na interpretação e preservação do patrimônio geopaleontológico da região central do Rio Grande do Sul. 04.04.2013, 125 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação profissionalizante em patrimônio cultural) - Universidade Federal de Santa Maria, 04.04.2013.

MARCHIORI, José Newton Cardoso. A vegetação em Santa Maria. **Ciência & ambiente**. Santa Maria, n. 38, jan./jun. 2009.

MATTHEWS Thomas. Integrating Geoconservation and Biodiversity Conservation: Theoretical Foundations and Conservation Recommendations in a European Union Context. **Geoheritage**, 6:57-70, 2014.

MEDEIROS, Rodrigo. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, Vol. IX nº. 1 jan./jun. 2006.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and human well-being: A framework for assessment. Washington, DC: World Resources Institute. 2003.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT - MEA. Ecosystems and human well-being: current state and trends. Volume 1. Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington. 2005.

NOVAK, Joseph. D.; CAÑAS; Alberto J. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. **Technical Report IHMC CmapTools**. Florida: Institute for Human and Machine Cognition. 2008.

OLIVEIRA, Fabricia Benda de; OLIVEIRA, Carlos Henrique Rodrigues de; LIMA, Julião Soares de Souza; FILHO, Reinaldo Baldotto Ribeiro; MIRANDA, Maiara Rodrigues; NEVES, Lomanto Zogaib; FERRAZ, Fillipe. Aplicação de geoprocessamento e lógica **fuzzy** para criação de zoneamento no parque estadual da cachoeira da fumaça/ES para fins de conservação. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 66, p. 545-554, 2014.

PINTO, Flávia et al. Análise multicritério para seleção de uma área de conservação por análise multicritérios - Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu-PR. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.8, n.17, abr./agos. de 2014.

PITTOCK, J., Cork, S., Maynard, S. The state of the application of ecosystems services in Australia. **Ecosystem Services**, 1(1), 2012.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROBAINA, Luís; CRISTO, Sandro Sidnei Vargas de; TRENTIN, Romário. (2011). Considerações geológicas e geomorfológicas sobre o rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul 21 – 32. In: SHUMACHER, M. V. et al. A floresta estacional subtropical: Caracterização e ecologia no rebordo do planalto meridional. Santa Maria: [s.n.], 2011, 311 p.

SILVA, Ana Carolina; ACCIOLY, Pyramon. Mapeamento das áreas ambientalmente frágeis e a efetividade das Unidades de Conservação por análise multicritérios -Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu -PR. Brazilian Journal of Technology. Curitiba, v. 1, n. 1, p. 49-54, jul./set. 2018.

SILVA, Edson Vicente da; RODRIGUEZ, José Manuel Mateo.

Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

SILVA, N. H. da. Mapeamento e proposta de conexão de fragmentos florestais em Santa Maria (RS). 2015. 250f. Dissertação (Mestrado Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

ROSA, Átila Augusto Stock da. Sítios fossilíferos de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 26 n.2, p. 75 – 90, 2004.

SANTA MARIA. Lei complementar municipal n. 072 de 04 de novembro de 2009. Institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e Sistema Viário do Município de Santa Maria. Prefeitura Municipal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 04 nov. 2009. Disponível em: <http://iplan.santamaria.rs.gov.br/uploads/norma/17628/leiComplementar72.pdf>

SARTORI, Maria da Graça Barros. Clima e Percepção. 16.10.2000. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 16.10.2000.

SARTORI, Anderson Antonio da Conceição. Análise Multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais. 31.08.2010, 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 31.08.2010.

SAURIM, Eduardo. Crescimento urbano simulado para Santa Maria-RS. 06.2005, 140f.. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 06.2005.

SILVA, Ana Carolina; ACCIOLY, Pyramon. Mapeamento das áreas ambientalmente frágeis e a efetividade das Unidades de Conservação por análise multicritérios -Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu -PR.

Brazilian Journal of Technology. Curitiba, v. 1, n. 1, p. 49-54, jul./set. 2018.

SILVA, Natália Huber da. Mapeamento e proposta de conexão de fragmentos florestais em Santa Maria (RS). 15.06.2015, 250f. Dissertação (Mestrado Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 15.06.2015.

TREVISAN, Mário Luiz. Sensibilidade de fatores para valoração do ambiente com o uso de avaliação multicritério e geoprocessamento digital. 18.08.2008, 165 p. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 18.08.2008.

VALENTE, Roberta de Oliveira Avena. Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG. 22.03.2005, 137 p. Tese de Doutorado (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz") - Departamento de Engenharia Rural, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 22.03.2005.

VIERO, Lia Margot Dornelles; FIGUEIREDO, Vilma Dominga Monfardini. O perfil demográfico e a distribuição espacial da população do município de Santa Maria (RS). 119-139. In: RIBEIRO; J. I.; WEBER, B. T. Nova história de Santa Maria: outras contribuições recentes. Santa Maria: Câmara municipal de vereadores, 2012, 407 p.

VOOGD, Jan Hendrik. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. Pion, 1983.

Fernanda Maria Follmann

Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria, mestre em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria e graduada em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria.

Av. Roraima, camobi, 97050023 - Santa Maria, RS - Brasil.

E-mail: fermariafoll@gmail.com
Orcid: 0000-0002-3877-4621

Eliane Maria Foletto

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina e graduada em Geografia pela Faculdade de Ciências e Letras Imaculada Conceição - FIC. Atualmente é professora titular da Universidade Federal de Santa Maria, onde também atua no programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria.

Av. Roraima, camobi, 97050023 - Santa Maria, RS - Brasil.

E-mail: efoletto@gmail.com

Orcid: 0000-0003-2205-7801

Recebido para publicação em agosto de 2023.

Aprovado para publicação em março de 2024.