

CONSTRUÇÃO DE UM CENÁRIO LEGAL DE PROTEÇÃO DE FLORESTAS EM AMBIENTE SIG

Thais Martins Issii¹, Elisa Hardt²

¹Mestranda em Ecologia e Evolução na Universidade Federal de São Paulo, Rua Prof. Artur Riedel, 275 – Jd Eldorado – Diadema, SP, thaisissii@gmail.com; ²Professor adjunto na Universidade Federal de São Paulo, Rua Prof. Artur Riedel, 275 – Jd Eldorado – Diadema, SP, elisa.hardt@unifesp.br

RESUMO

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm se tornado uma ferramenta amplamente utilizada na delimitação e gestão de áreas legalmente protegidas, além de auxiliar na avaliação de cumprimento da legislação ambiental, a exemplo do Cadastro Ambiental Rural - CAR. Este estudo teve objetivo apresentar a aplicação de ferramentas SIG na construção de um cenário legal de proteção de florestas para uma área de manancial da represa Billings. Os resultados demonstraram que há alguns materiais e ferramentas de análises geoespaciais essenciais para a espacialização das leis. O maior desafio da criação desses cenários está na carência de direcionamentos espaciais dos parâmetros de proteção, o que aumenta a dependência da interpretação do analista durante a definição de critérios de vetorização das leis. A construção desse tipo de cenário em ambiente SIG pode contribuir para o entendimento dos efeitos ecológicos das expectativas legais, servindo de subsídio ao planejamento e gestão de áreas protegidas.

Palavras-chave — Leis ambientais, geoprocessamento, áreas protegidas

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) have become a widely used tool in the delimitation and management of protected areas, as well as assisting the evaluation of compliance with environmental legislation, such as the Rural Environmental Cadastre - CAR. This study aimed to present the application of GIS tools in the construction of a legal forest protection scenario for the Billings reservoir. The results demonstrated that there are some materials and geospatial analysis tools essential for the spatialization of laws. The greatest challenge in the creation of these scenarios is the lack of spatial directions of the protection parameters, which increases the dependence of the analyst's interpretation during the definition of criteria for the vectorization of laws. The construction of this type of scenario in a GIS environment can contribute to the understanding of the ecological effects of legal expectations, serving as a subsidy to the planning and management of protected areas.

Key words — Environmental laws, geoprocessing, protected areas

1. INTRODUÇÃO

Muitos dos instrumentos legais de proteção ambiental criados pelo poder público têm a finalidade de proteger os remanescentes de vegetação nativa, recuperar as áreas degradadas e assegurar a conservação ambiental. É o caso da lei de proteção da vegetação nativa, da lei da Mata Atlântica e da definição de áreas de proteção e recuperação ambiental propostas nos planos diretores dos municípios, entre outras.

O uso de geotecnologias em SIG tem sido amplamente aplicado na espacialização da legislação ambiental [1,2], fornecendo ferramentas capazes de delimitar áreas protegidas [3], identificar conflitos de uso e cobertura da terra nessas áreas e, conseqüentemente, auxiliar na avaliação de cumprimento dos dispositivos legais e de seus efeitos ecológicos [4,5,6]. Neste sentido, este estudo teve como objetivo demonstrar um conjunto de técnicas e análises geoespaciais que permitam a construção de um cenário legal em ambiente SIG a partir da espacialização de dispositivos legais de proteção de florestas incidentes sobre a área de manancial da represa Billings no município de Diadema. A transferência dessa tecnologia pode servir de apoio na tomada de decisão por parte de organizações públicas e privadas que realizam a gestão e planejamento das áreas legalmente protegidas na região.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na região sul do município de Diadema, em uma área de manancial da represa Billings. A área possui 729 hectares e engloba 12 micro-bacias hidrográficas tributárias da represa (Figura 1).

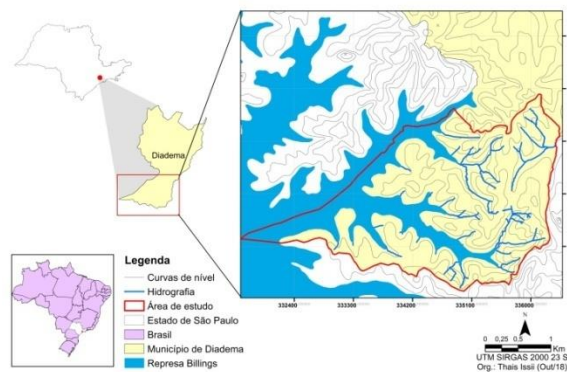


Figura 1. Localização da área de estudo na área do manancial Billings (Diadema - SP/Brasil)

2.2 Construção do Cenário legal

O cenário legal foi construído no *software* ArcGIS® em seis passos originalmente descritos em Issii et al. (2018): i) Levantamento dos dispositivos legais incidentes na área de estudo (Quadro 1); ii) Elaboração de um mapa de uso e cobertura da terra recente; iii) Interpretação dos critérios de espacialização de medidas de proteção; iv) Espacialização das áreas de cobertura vegetal legalmente protegidas; v) Sobreposição dessas áreas em um mapa final de proteção de floresta; vi) Criação do cenário de expectativa legal a partir da fusão com o mapa recente de uso e cobertura nas áreas sem previsão de proteção legal.

Este artigo tem como enfoque trazer profundidade de análise para os passos iv a vi na construção do cenário legal (Quadro 1).

O mapa recente de uso e cobertura da terra (passo ii) foi vetorizado por interpretação visual em tela de ortofotos aéreas de 2011, com resolução espacial de 1 m e escala de 1:25.000, cedidas pela Prefeitura Municipal de Diadema (PMD) [7].

Nos casos de falta de cumprimento legal, toda inclusão de áreas protegidas teve como regra geral a expansão dos fragmentos florestais já existentes. Para tanto, foi estabelecido que a substituição dos usos vizinhos às manchas de floresta teria como critério de escolha a facilidade para restauro e/ou colonização natural, analisada na seguinte ordem de prioridade: floresta em estágio secundário inicial, aglomerado arbóreo, reflorestamento com sub-bosque, reflorestamento, campo antrópico, residencial arbóreo, urbano médio adensado, urbano altamente adensado e edificações isoladas.

Nos casos de indefinição de critérios ou falta de clareza nas medidas de proteção, outra regra geral estabelecida durante essa fase foi uniformizar a aplicação do critério mais restritivo ao uso antrópico e que representasse a opção com maior potencial de conservação de florestas.

A sobreposição dos mapas de cada dispositivo legal (passo v) e a união ao mapa de uso e cobertura da terra para

criação do Cenário Legal (passo vi) utilizou as ferramentas *MERGE* e *CLIP* do ArcGIS.

Quadro 1: Critérios de proteção florestal e arbórea e os materiais e ferramentas utilizadas em sua espacialização

Critério de proteção	Materiais e ferramentas ArcGIS
Lei da Mata Atlântica (Lei federal 11.428/06)	
Manutenção de no mínimo 50% da área total coberta por vegetação secundária em estágio médio de regeneração para perímetros urbanos delimitados após a data de vigência da lei (2006) ¹	<p><i>Materiais</i></p> <ul style="list-style-type: none"> áreas vegetadas antes da vigência da lei (2002) áreas vegetadas em 2011 delimitação de lotes (PMD) <p><i>Ferramentas</i></p> <p><i>INTERSECT</i>: sobreposição para identificar % faltante/lote</p>
¹ art. 31 §2º;	
Plano Diretor de Diadema (Lei complementar 273/08)	
Manutenção de Vegetação de Interesse Ambiental (VIA) e Arborização (ARB) em % variável com o zoneamento ²	<p><i>Materiais</i></p> <ul style="list-style-type: none"> áreas vegetadas em 2011 zoneamento (PMD) hidrografia com canais <p><i>Ferramentas</i></p> <p><i>INTERSECT</i>: sobreposição para identificar % faltante/zona</p> <p><i>BUFFER</i>: faixa ao redor dos rios canalizados</p>
Manutenção da faixa não edificante de 3m no entorno de rios canalizados³	
² Quadro 1 - Parâmetros urbanísticos; ³ art. 68º §1º II;	
APRM-B (Lei estadual 13.579/09)	
Manutenção de floresta na faixa de 50 m em projeção horizontal a partir da cota máxima do reservatório (cota 747m)⁴	<p><i>Materiais</i></p> <ul style="list-style-type: none"> áreas vegetadas em 2011 zonas da APRM-B delimitação de lotes (PMD) reservatório <p><i>Ferramentas</i></p> <p><i>INTERSECT</i>: sobreposição para identificar % faltante por lote e zona da APRM-B</p> <p><i>BUFFER</i>: faixa ao redor do reservatório</p>
Manutenção de Índice de Área Vegetada (IAV) em % variável com as Áreas de Ocupação Dirigida (AOD)⁵	
⁴ art. 18 III; ⁵ Quadro II - parâmetros urbanísticos;	
Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei federal 12.651/12)	
Áreas de preservação permanente (APP):	<p><i>Materiais</i></p> <ul style="list-style-type: none"> hidrografia nascentes corpos d'água curvas de nível <p><i>Ferramentas</i></p> <p><i>BUFFER</i>: faixa ao redor do reservatório, rios, nascentes e brejos</p> <p><i>TIN</i>: Criação de um modelo digital do terreno (MDT)</p> <p><i>SLOPE</i>: Criação de um mapa de declividades em graus baseado no MDT</p>
- 30m ao longo dos corpos d'água ⁶	
- Raio de 50m em nascentes e olhos d'água perenes ⁶	
- Faixa marginal entre o nível máximo operativo e a cota máxima <i>maximum</i> do reservatório anterior a 2001 ⁷	
- Faixa de 50m ao redor dos brejos	
- 1/3 maior de morros e montanhas (altura>100m e declividade>25°) ⁶	
- Encostas com declividade >45° ⁶	
⁶ art. 4º I, IV, V, IX e XI; ⁷ art. 62	

3. RESULTADOS

Alguns materiais se mostraram indispensáveis para a espacialização das leis incidentes na área de estudo. Dentre eles, destaca-se a hidrografia, curvas de nível, delimitação de lotes e do zoneamento, além das áreas de floresta e de vegetação existentes. Em muitos casos, a coerência na espacialização das exigências legais esteve atrelada a disponibilidade de materiais em alta escala de detalhes.

A espacialização da lei demandou habilidade por parte do analista no uso das ferramentas de SIG. Um exemplo disso é a criação de faixas (ferramenta *BUFFER*) em larguras variáveis com tipo de APP. Outro exemplo é a criação do mapa de declividade em graus, gerado a partir de um modelo digital do terreno (ferramentas *TIN* e *SLOPE*) e utilizado na identificação de áreas de APP com altos declives como os topos de morros e encostas. A sobreposição entre limites de zonas ou lotes com áreas de floresta (ferramenta *INTERSECT*) é outro exemplo de ferramenta utilizada e teve como intuito identificar as propriedades que não possuem a quantidade de cobertura exigida pela lei.

Alguns dispositivos legais não apresentavam direcionamentos espacialmente explícitos e o analista precisou criar critérios sensatos baseados na sua interpretação para a espacialização dos cenários legais. Para tanto, foi necessário se familiarizar com as nomenclaturas das leis.

Os resultados mostram que se houvesse o total cumprimento da expectativa legal de proteção, haveria um aumento das áreas de floresta em aproximadamente 160%, quando comparada a quantidade existente em 2011 (Tabela 1). O uso atual com maior descumprimento com a exigência legal é composto por campos antrópicos (54%).

Tabela 1. Usos e coberturas da terra (área em ha) do mapa recente (2011) e do cenário legal da área do manancial Billings (Diadema - SP/Brasil)

Uso e cobertura da terra	2011	Cenário legal
		Área (ha)
Aglomerado arbóreo	17	20
Campo antrópico	131	85
Edificações isoladas	3	2
Floresta em estágio inicial	32	20
Floresta em estágio médio/avançado	98	252
Reflorestamento de eucalipto	29	15
Reflorestamento com sub-bosque	33	5
Represamento	62	62
Residencial arbóreo	46	29
Urbano altamente adensado	226	201
Urbano médio adensado	27	18
Vias de acesso	24	22

4. DISCUSSÃO

A legislação ambiental, de forma geral, não é explícita quanto à localização espacial de suas exigências legais. As leis de APRM-B e do Plano Diretor de Diadema, por exemplo, têm seus parâmetros legais pautados em certa porcentagem de cobertura de vegetação por lote ou zona, sem uma indicação de distribuição. Isso pode gerar conflitos na sua espacialização, uma vez que dependem da interpretação do analista [8], sendo um importante desafio na espacialização das leis.

A escala de resolução espacial do material utilizado também pode influenciar neste processo e é preciso ter ciência de que os resultados obtidos podem variar dependendo da escala de análise [8]. Por muito tempo, foi comum a limitação na disponibilidade de material de alta resolução para grandes extensões, principalmente porque esta é uma tecnologia relativamente recente. Em consequência disso, existem trabalhos práticos e estudos acadêmicos com claras limitações técnicas na espacialização das leis, a exemplo da delimitação de APP de cursos d'água a partir de mapas elaborados com base em imagens do satélite LANDSAT, cuja resolução espacial é de 30 m. O problema é que a faixa marginal no entorno dos cursos d'água também é de 30 m, dessa forma as análises de

cumprimento ou identificação de conflitos de uso da terra podem ter resultados incompatíveis com a realidade. Esta limitação pode ainda levar os tomadores de decisão a cometerem a mesma falha ao tentar replicar esta metodologia.

A sobreposição das medidas de proteção legal incidentes na área estudada mostrou que há uma tendência de complementaridade da ação dessas leis, definidas nas diferentes esferas governamentais (federal, estadual e municipal). Essa complementaridade de proteção não foi claramente observada em outro estudo com a construção de cenário legal por sobreposição, em que leis de esferas diferentes protegiam muitas áreas sobrepostas, resultando em poucas contribuições individuais [4].

Os resultados destacaram ainda a influência dos critérios de inclusão de novas áreas criadas pelo analista sob o cenário legal final e sua configuração espacial. No cenário proposto por este estudo, a diminuição de usos como campo antrópico, reflorestamento e reflorestamento com sub-bosque ocorreu principalmente em função deste critério para inclusão de novas áreas, baseado na substituição de vizinhos a floresta existente com facilidade de restauro e/ou colonização.

A divulgação das técnicas e ferramentas de espacialização da legislação ambiental e de criação de cenários de expectativa do cumprimento legal apresentadas neste estudo de caso pode agilizar o processamento de dados de outros usuários/analistas. Além disso, fornece subsídio para o planejamento e a gestão de áreas legalmente protegidas realizadas pelos órgãos públicos, o que pode contribuir na fiscalização das leis.

Além disso, estudos mostram que a construção de cenários legais associada à aplicação de medidas estruturais de relações padrões-processos ecológicos permite avaliar a efetiva contribuição legal não só em área de proteção, como na qualidade associada, capaz de modificar as relações ecológicas e os fluxos na paisagem [9,10]. Portanto, a criação de cenários legais em SIG, além de analisar se os atos legais estão sendo cumpridos e fiscalizados, também pode ajudar a entender se o padrão espacial proposto pela legislação ambiental traz positivas contribuições para a conservação biológica.

5. CONCLUSÕES

O uso das ferramentas geoespaciais em SIG se mostrou eficiente na espacialização dos dispositivos legais de proteção de florestas. A maior complexidade na construção dos cenários esteve atrelada ao caráter interpretativo dos dispositivos legais, já que a dificuldade de espacialização das áreas protegidas esteve na definição de critérios próprios, uma vez que a lei não fornece diretrizes espacialmente explícitas, gerando ambiguidade de interpretação.

A divulgação das ferramentas de aplicação das geotecnologias na construção de um cenário legal pode

servir de apoio à gestão de áreas protegidas, pois permite observar as situações de descumprimento legal e com isso facilitar a fiscalização e as ações de restauração de áreas.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Kuck, T.N.; Nogueira, E. de M.; Parise, M., Geotecnologias no suporte à análise e elaboração das leis de uso e ocupação do solo urbano do município de Manaus/Amazonas, In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, XVIII, João Pessoa-PB. *Anais...* João Pessoa: INPE, 2015. pp. 1678-1685
- [2] Soares, V.P.; Moreira, A.deA.; Ribeiro, C.A.A.S. e Gleriani, J.M., Mapeamento de áreas de preservação permanente e dos fragmentos florestais naturais como subsídio à averbação de reserva legal em imóveis rurais. *Cerne*, v. 17, n. 4, pp. 555-561, 2011
- [3] da Silva, D.M. e Gass, S.L.B., Delimitação e análise das Áreas de Preservação Permanente dos corpos hídricos no território municipal de Itaqui, RS, Brasil, In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 6º, Cuiabá-MT. *Anais...* Cuiabá: INPE, 2016. pp. 345-353
- [4] Hardt, E.; dos Santos, R.F.; Pereira-Silva, E.F.L. Landscape changes in Serra do Japi: legal protection or scientific expectation? *Bosque*, v. 33, n. 3, pp 339-344, 2012
- [5] Hardt, E.; dos Santos, R.F.; Pereira-Silva, E.F.L. Evaluating the ecological effects of social agent scenarios for a housing development in the Atlantic Forest. *Ecological Indicators*, v. 36, pp. 120-130, 2014
- [6] de Oliveira, C.D.C.; Borger, L.A.C. e Acerbi Junior, F.W., Land use in Permanent Preservation Areas of Grande River (MG). *Floresta e Ambiente*, v. 25, n. 2, pp. 1-11, 2018
- [7] Romero, A.C.; Issii, T.M.; Hardt, E. e Pereira-Silva, E.F.L., Effects of urban sprawl on forest conservation in a metropolitan water source. *Árvore*, v. 42, pp. 1-12, 2018
- [8] Catelani, C.S. e Batista, G.T., Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APP) do município de Santo Antônio do Pinhal, SP: um subsídio à preservação ambiental. *Ambiente e Água*, v. 2, n. 1, pp. 30-43, 2007
- [9] Hardt, E.; dos Santos, R.F.; de Pablo, C.L.; de Agar, P.M. e Pereira-Silva, E.F.L., Utility of landscape mosaics and boundaries in Forest conservation decision making in the Atlantic Forest of Brazil. *Landscape Ecology*, v. 28, n. 3, pp. 385-399, 2013
- [10] Issii, T.M.; Romero, A.C.; Atanásio Junior, M.R.; Pereira-Silva, E.F.L.; Hardt, E., The role of legal protection in forest conservation in an urban matrix. *Floresta e Ambiente*. (No prelo), 2018