v. 68, p. 629-655, jul./dez. 2026 http://doi.org/10.5380/dma.v68i.99616 e-ISSN 2176-9109

DMA Desenvolvimento e Meio Ambiente

Biblioteca Digital de Periódicos BDP | UFPR revistas.ufpr.br

Cenário legal de cumprimento da proteção da vegetação nativa e áreas permeáveis em área de mananciais

A Legal-Compliance Scenario for Native Vegetation and Permeable Areas protection in a Water-Source Protection Area

Amanda Benvinda Andrade BRASIL[1], Carla Grigoletto DUARTE[1], Elisa HARDT[1]*

1 Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Departamento de Ciências Ambientais, Grupo de Ecologia de Paisagens e Planejamento da Conservação da Biodiversidade – LEPLAN, Diadema, SP, Brasil.

* E-mail de contato: elisa.hardt@unifesp.br

Artigo recebido em **12 de maio de 2025**

Versão final aceita em **6 de maio de 2026**

Publicado em **4 de novembro de 2026**

Resumo: Os grandes centros urbanos enfrentam conflitos relacionados ao uso e à cobertura da terra, especialmente em áreas ambientalmente sensíveis. O Brasil dispõe de leis específicas que regulam a proteção de áreas especiais e de vegetação nativa, como as Áreas de Preservação Permanente (APP), as Reservas Legais (RL) e as Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APRM). A utilização de ferramentas de geoprocessamento permite espacializar o cenário de expectativa legal de uso e cobertura da terra e, ao compará-lo com a situação atual, identificar omissões que podem gerar pressões sobre os recursos hídricos e a biodiversidade. Este estudo analisou os tipos de uso e cobertura da terra em áreas de proteção legal selecionadas, comparando a situação recente (2021) com o cenário legal elaborado para as Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais em Mogi das Cruzes/SP. Parte-se da premissa de que essa comparação revela lacunas de cumprimento da proteção ambiental. A pesquisa utilizou base de dados geoespacial de portais públicos, leis ambientais e de ordenamento territorial, aplicando técnicas de geoprocessamento para espacializar cenários legais e comparar com o uso e cobertura da terra recentes (2021). O estudo identificou descumprimento de até 32,2% da proteção das áreas de vegetação nativa no cenário legal, causado principalmente por atividades agrícolas. Por outro lado, constatou-se um grau significativo de cumprimento nas áreas permeáveis, inclusive na zona urbanizada. A conclusão propõe a criação de um cenário legal e a avaliação do cumprimento dos dispositivos legais que, se incorporados ao planejamento territorial, podem contribuir para a conservação da vegetação nativa.

Palavras-chave: cenário legal; áreas de preservação permanente; reserva legal; uso e cobertura da terra; conservação ambiental.

Abstract: Large urban centers face conflicts over land use and land cover, especially in environmentally sensitive areas. Brazil has specific legislation protecting special areas and native vegetation, including Permanent Preservation Areas (Áreas de Preservação Permanente, APP) , Legal Reserves (Reservas Legais, RL) and Watershed Protection and Recovery Areas (Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais, APRM). Geoprocessing tools allow mapping the legally expected land use and land cover, and comparing it with current situations to identify gaps that may jeopardize water resources and biodiversity. This study is an analysis of land use and land cover types in legally protected selected areas, based on a comparison with current situations (2021). It was motivated by the legal framework available for Watershed Protection and Recovery Areas (APRM) in Mogi das Cruzes Municipality, São Paulo State, Brazil. We assume that this comparison reveals gaps in environmental protection. Geospatial databases from public portals, environmental laws and land use planning regulations were processed with geoprocessing techniques to spatialize legal scenarios and compare it with current 2021 land use and land cover cases. Non-compliance with native vegetation protection reached 32.2%, mainly due to agricultural activities. On the other hand, permeable surfaces (permeable areas), including urbanized zones, recorded a significant degree of compliance with the legislation.

Desenvolvimento e Meio Ambiente usa uma Licença Creative Commons – Atribuição 4.0 Internacional

The conclusion provides a proposition to create a legal scenario and to assess compliance with legal provisions contributing to native vegetation conservation if they were incorporated into territorial planning.

Keywords: legal scenario; permanent preservation areas; legal reserve; land use and land cover; environmental conservation.

1. Introdução

O uso e a cobertura da terra são características inerentes à paisagem. Portanto, compreender essas variáveis faz parte das atividades de planejamento e de tomada de decisão. O seu mapeamento é crucial para avaliar as mudanças ambientais e os impactos das atividades humanas em uma determinada região de interesse (Araújo Filho et al., 2007).

A cobertura de vegetação nativa e o uso da terra são regulamentados por dispositivos legais específicos, como os de ocupação do solo e de planos diretores municipais e outros dispositivos legais de proteção ambiental. No Brasil, além das áreas protegidas como unidades de conservação (UC) (*Lei n. 9.985*, 2000), há áreas designadas especificamente para proteção e preservação de vegetação nativa, com destaque para as Áreas de Preservação Permanente (APP) e as Reservas Legais (RL) (*Lei n. 11.428*, 2006; *Lei n. 12.651*, 2012; Hassler, 2005, Miguez et al., 2012). As APPs são áreas consideradas essenciais, no nível de cada propriedade, para a preservação de recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica e da biodiversidade (*Lei n. 12.651*, 2012). Dentro de cada propriedade rural ou, em casos específicos, em cada propriedade urbana, existem também as RLs, criadas para conservar e proteger a biodiversidade (*Lei n. 12.651*, 2012).

No Estado de São Paulo, há outras formas de proteção legal de áreas sensíveis. As Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APRM) são definidas em uma ou mais sub-bacias hidrográficas de mananciais de interesse regional para abastecimento público e contam com diretrizes e normas ambientais e urbanísticas definidas em leis estaduais. Essas leis estabelecem parâmetros como índice de área vegetada e percentual de áreas permeáveis (*Lei n. 9.866*, 1997; *Lei n. 15.913*, 2015), discutidos em nível regional e regulamentados em leis municipais de zoneamento. Esses parâmetros são particularmente relevantes em áreas suscetíveis a inundações e ocupações irregulares, como ocorre em muitas bacias da Região Metropolitana de São Paulo.

As APRMs estão distribuídas em áreas estratégicas do Estado de São Paulo. Dentre elas há a APRM do Alto Tietê Cabeceiras (APRM-ATC), que perpassa pelos municípios de Salesópolis, Biritiba Mirim, Mogi das Cruzes e Suzano, conforme estipulada pela Lei da APRM-ATC (*Lei n. 15.913*, 2015).

Os Planos Diretores Municipais e Leis de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) são responsáveis por definir diretrizes gerais e regras específicas sobre uso e ocupação do solo, conforme preconizado na Lei do Estatuto das Cidades (*Lei Federal n. 10.257*, 2001). Quanto aos parâmetros urbanísticos, constam percentual de área permeável, lote mínimo, taxa máxima de ocupação, recuo

mínimo e índice de aproveitamento (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019). Os parâmetros urbanísticos são essenciais para garantir a ocupação ordenada do território e potencializar a arborização e a ampliação das áreas vegetadas, por meio das áreas permeáveis (Coelho et al., 2021).

A simples existência das leis de proteção ambiental não tem sido suficiente para proteger a vegetação em áreas de preservação e garantir o cumprimento de áreas permeáveis. Para o cumprimento da lei seriam necessárias ações conjuntas e direcionadas ao monitoramento ambiental e à fiscalização por parte das instituições ambientais e jurídicas, com a padronização da metodologia de monitoramento para evitar dados inconsistentes e aumentar a eficiência do licenciamento ambiental e da assistência técnica ao proprietário (Fatorelli & Mertens, 2010; Brancalion et al., 2016; Santos et al., 2021).

No contexto das leis de proteção da vegetação nativa, frequentemente ocorrem violações, identificadas a partir da construção de cenários legais, que são mapas de uso e cobertura da terra ilustrativos das expectativas de diferentes dispositivos legais (Hardt et al., 2012; Issii et al., 2020). O uso de técnicas geoespaciais permite espacializar as diferentes expectativas legais de uso e cobertura da terra e compará-las com a situação atual, fornecendo informações para a gestão ambiental de áreas protegidas (Hardt et al., 2012; 2013; Cabral et al., 2016; Issii et al., 2020; 2024; Santos et al., 2021; Perera-Valderrama et al., 2023).

Este trabalho teve como objetivo analisar as lacunas de cumprimento legal da proteção de vegetação nativa e de áreas permeáveis em uma área de mananciais da Região Metropolitana de São Paulo. Para isso, foi construído o cenário legal de proteção de uma bacia hidrográfica do município de Mogi das Cruzes/SP. As técnicas desenvolvidas e as análises de dados têm potencial de fornecer suporte às organizações públicas e privadas que gerenciam e planejam o uso das áreas legalmente protegidas na bacia estudada.

2. Materiais e métodos

Foram elaborados dois mapas de uso e cobertura da terra: o mapa recente (2021) e o cenário legal de proteção da vegetação nativa e de áreas permeáveis, incluído nos parâmetros regulados pelo Plano Diretor. Os mapas foram comparados entre si para análise do cumprimento legal. Para esta análise foram utilizadas ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do *software* QGis®, versão 3.28.3.

2.1. Área de estudo

O estudo engloba a área periurbana e rural do município de Mogi das Cruzes, inserido na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com aproximadamente 445.000 habitantes e densidade demográfica de 624,3 hab./km^2 (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, 2023). A sua economia é diversificada, composta principalmente pelos setores de serviços (61,3%), in-

dústria (22,4%), impostos líquidos de subsídios (13,2%) e agropecuária (3,13%) (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, 2023).

A área de estudo contempla 3.500 ha de uma sub-bacia do rio Jundiaí, intitulada "Jusante do Reservatório Jundiaí", localizada na porção sudoeste do município (Figura 1). A área foi escolhida por ser suscetível a frequentes inundações, além de ter ocupações irregulares (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2014).

A bacia do rio Jundiaí, como um todo, engloba outros municípios, com uma área total de aproximadamente 19.170,00 ha, localizada majoritariamente (82,93%) na APRM-ATC. Essa bacia tem o reservatório do rio Jundiaí, concluído em 1989, que compõe o Sistema Produtor do Alto Tietê (SPAT), para aproveitamento múltiplo das águas, com ênfase no controle de enchentes, abastecimento público, irrigação, diluição de esgotos e lazer (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, 2023).

2.2. Base de dados geoespaciais

Para a espacialização das expectativas legais e elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra, foi necessário levantar dados geoespaciais disponíveis, em formato de arquivos do tipo *shapefile* e *raster*, adquiridos em portais públicos (Tabela 1). Os dados foram originalmente obtidos em diferentes sistemas de referência e convertidos para o *Datum* SIRGAS 2000.

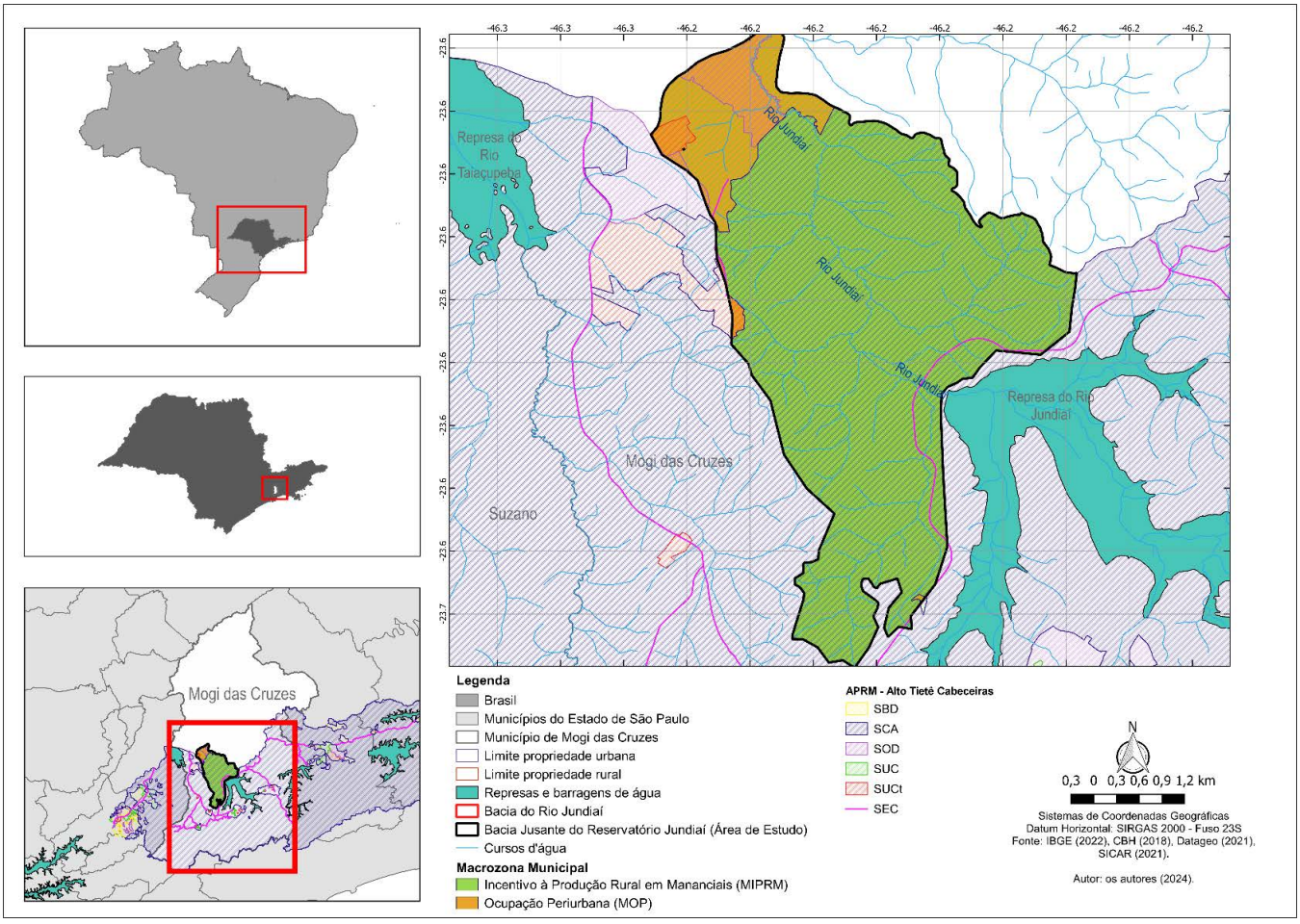


Figura 1

Localização da área de estudo – bacia hidrográfica Jusante do Reservatório Jundiaí, Mogi das Cruzes – SP.

Legenda: SBD: Subárea de Baixa Densidade. SCA: Subárea de Conservação Ambiental. SOD: Subárea de Ocupação Diferenciada. SUC: Subárea de Urbanização Consolidada. SUCt: Subárea de Urbanização Controlada. SEC: Subárea Especial Corredor.

Tabela 1 Base de dados geoespaciais obtida para a bacia hidrográfica Jusante do Reservatório Jundiaí, Mogi das Cruzes – SP.

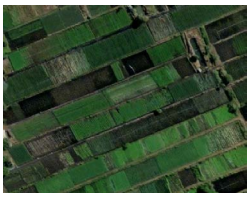
Dados	Descrição
Hidrografia do Estado de São Paulo; Hidrografia UGRHI 6; APMs/APRMs da Região Metropolitana de São Paulo; Reservatórios da Região Metropolitana de São Paulo	Conjunto de arquivos em formato *shapefile*, escala 1:50.000, dos anos 2017/2018 (Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, 2023)
Mapa de uso e cobertura da terra 2021 e 2006	Projeto de mapeamento do uso e cobertura da terra do Brasil em resolução de 30 m por meio de imagens Landsat, anos 2021 e 2006 (Mapbiomas, 2024).
Padrões de relevo; Suscetibilidade a inundações; Áreas de risco; Geologia; Pedologia	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: município de Mogi das Cruzes, SP, 2018, escala 1:50.000 (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2014)
Malhas territoriais	Arquivos *shapefile* da Divisão Político-Administrativa Brasileira, escala 1:250.000, de 2022 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023)
Modelo Digital de Elevação	Arquivo *raster* com a elevação digital em resolução de 30 metros, entre 2011 e 2015 (OpenTopography, 2023)
Plano Diretor do Município de Mogi das Cruzes	Arquivos *shapefile* da espacialização do Plano Diretor do município de Mogi das Cruzes/SP, escala 1:45.000, de 2019 (Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes, 2019)
Propriedades rurais no município de Mogi das Cruzes/SP	Arquivo *shapefile* Propriedades rurais do município de Mogi das Cruzes/SP inseridas no Cadastro Ambiental Rural – CAR Federal (Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural, 2023).
Lotes, quadras e glebas das áreas urbanas do município de Mogi das Cruzes	Arquivos *shapefile* enviados pela Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes, 2019

2.3. Uso e cobertura da terra recente (2021)

O mapa recente de uso e cobertura da terra foi obtido a partir de ajustes do mapa MapBiomas – Coleção 7, referente ao ano de 2021, gerado por meio da classificação automática de imagens *Landsat* com pixel de 30 metros (Mapbiomas, 2024). As classes de uso "afloramento rochoso" e "mosaico de usos" foram corrigidas a partir da verdade terrestre observada em visitas a campo e em imagens do Google Earth®. As classes temáticas originais também foram reclassificadas para uma legenda de mapa coerente com os objetivos deste estudo na análise do cumprimento legal, apresentada na Tabela 2.

Os ajustes de classificação (correção e reclassificação) foram feitos a partir da fotointerpretação de imagens orbitais recentes disponibilizadas pela extensão Google Satélite® a partir do *plugin Quick Map Services* do QGIS®. Nesse processo, os elementos foram classificados em função de tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização (Florenzano, 2002). A acurácia do mapa produzido foi avaliada por matriz de confusão com o *plugin* AcATaMa (versão 23.4), admitindo erro de até 0,5% e amostras proporcionais de área para cada classe. No total, 397 amostras da verdade terrestre foram avaliadas por fotointerpretação.

Tabela 2 Legenda do mapa de uso e cobertura da terra de 2021 para a Bacia Jusante do Reservatório Jundiaí no município de Mogi das Cruzes/SP.

Classificação Mapbiomas	Reclassificação	Representação na área	Aspectos associados e principais características
Área urbanizada	Área urbanizada		Área urbana, com predominância de edificações residenciais, comerciais e de serviços, com vias públicas pavimentadas ou não.
Formação Florestal	Formação Florestal		Área de formação predominantemente florestal do bioma Mata Atlântica – Floresta Ombrófila Densa inclui Formação Pioneira Arbórea e Sistemas Agroflorestais.
Silvicultura	Silvicultura		Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus e eucalipto).
-	Vegetação de várzea		Vegetação de composição variável que sofre influência da precipitação e do nível dos corpos hídricos, sujeita a inundações periódicas na época de cheia e intensa precipitação.
-	Vegetação arbustiva-arbórea		Aglomerados arbustivos-arbóreos.
Pastagem	Campo antrópico		Áreas abertas de uso antrópico. Inclui pastagem plantada, solo exposto e lotes sem edificações em áreas rurais e urbanas.
Soja Outras lavouras temporárias	Agricultura		Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, áreas predominantemente de hortaliças, perenes ou anuais.
Outras áreas não vegetadas	Outras áreas não vegetadas		Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração).
Rios, lagos e oceano	Corpos d'água		Superfície de represamentos ou açudes.

FONTE: Elaboração própria a partir de imagens do Google Earth e adaptação do Mapbiomas, 2026.

2.4. Cenário legal

Neste estudo, o cenário legal foi definido como a representação espacial das expectativas dos dispositivos legais quanto ao ordenamento do uso e cobertura da terra, conforme o que se entende como ideal em termos ambientais, dentro das condições da lei atual. Por meio do geoprocessamento, foi possível simular a proteção das coberturas de vegetação nativa e de áreas permeáveis com base nas determinações dos instrumentos legais vigentes, utilizando técnicas aplicadas por Hardt et al. (2012; 2013) e Issii et al. (2020, 2024). As metodologias aplicadas na construção do cenário legal seguiram o roteiro técnico desenvolvido por Issii et al. (2020).

O cenário legal criado abrange todas as leis de esfera federal, estadual e municipal que preveem a proteção de vegetação nativa e de áreas permeáveis e da zona periurbana e rural. Entre as leis consideradas, estão: a Lei Federal n. 12.651/2012, Lei de Proteção da Vegetação Nativa – LPVN (*Lei n. 12.651*, 2012), Lei Federal n. 11.428/2006 e respectivo Decreto Federal n. 6660/2008, quanto à proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica – LMA (*Lei n. 11.428*, 2006; *Decreto n. 6.660*, 2008), Lei Estadual n. 15.913/2015, que estabelece a APRM-ATC (*Lei n. 15.913*, 2015) e a Lei Municipal n. 150/2019 que estabelece o Plano Diretor do Município – PD e o zoneamento de Mogi das Cruzes (Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes, 2019). A partir dessas normativas, foram construídos mapas que espacializam as suas expectativas de cumprimento, aplicando os seus critérios e taxas de proteção para áreas permeáveis e vegetação nativa (Tabela 3 e Figura 2).

A bacia de estudo não tem áreas protegidas sob a Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, Lei Federal n.º 9.985/2000 (*Lei n. 9.985*, 2000), conforme verificado em consultas ao DataGEO (DataGEO, 2024) e ao Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (Cadastro Nacional de Unidades de Conservação, 2024).

2.4.1. Lei de Proteção da Vegetação Nativa – Lei Federal n. 12.651/2012

Para espacializar as Áreas de Preservação Permanente (APP) e as Reservas Legais (RL) previstas pela LPVN, foram obtidos *shapefiles* de nascentes, cursos d'água, reservatórios artificiais e limites de propriedades rurais e urbanas (Tabela 1). O mapeamento das APPs foi realizado pela ferramenta *buffer*, que projeta áreas com largura pré-definida a partir de uma linha, ponto ou polígono. Para espacialização das RLs, utilizaram-se os limites de propriedades rurais e o mapa de uso e cobertura da terra mais atualizado, referente à 2021. O arquivo das propriedades rurais obtido no Cadastro Ambiental Rural – CAR precisou passar por ajustes, considerando que havia sobreposições entre limites de propriedades vizinhas. Observa-se que 25% da área estudada não dispõe de informações sobre limites de propriedade. Portanto, essa parte da área não foi contabilizada na quantificação de RLs.

Tabela 3 Critérios de proteção legal de áreas permeáveis e de vegetação nativa da bacia jusante do Reservatório Jundiaí, no município de Mogi das Cruzes, São Paulo.

Dispositivo Legal	Área	Critérios de proteção			Interpretação e espacialização do dispositivo legal
		Taxa de permeabilidade (%)	Índice de área vegetada (%)	Vegetação nativa*	
PD	MOP	60	-	-	Ferramenta recortar, nó e tabela de atributos, para identificação e projeção das áreas faltantes
	MIPRM	Idem à APRM-ATC	-	-	
Lei APRM-ATC	SOD	60	30	-	
	SUC	20	10	-	
	SEC	60	30	-	
	SUCt	20	10	-	
	SCA	80	40	-	
LPVN	APP	-	-	Faixa de 30 m (cursos d'água com largura até 10 m)	Ferramenta buffer para projeção da faixa de APP a partir da hidrografia e topografia
		-	-	Raio de 50 m no entorno de nascentes	
		-	-	Faixa de 50 m de largura a partir da cota "máximo maximorum" do Reservatório Jundiaí (cota 756,76 m)**	
		-	-	Encostas com declividade ≥ 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive	Seleção das APPs por meio da topografia
		-	-	1/3 maior de morros e montanhas (altura > 100 m e declividade > 25°)	
		-	-	Em veredas, com faixa de 50 m a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado	Não há
	RL	-	-	20% do imóvel rural***	Ferramenta recortar, nó e tabela de atributos, para identificação e projeção das áreas faltantes
LMA	VN	-	-	Fragmento de vegetação nativa primária	Não há
		-	-	Fragmento de vegetação nativa em estágio médio de regeneração – vedada a supressão em área rural e obrigatório manter 50% em área urbana	Ferramenta recortar, nó e tabela de atributos, para identificação e projeção das áreas faltantes
		-	-	Fragmento de vegetação nativa em estágio avançado de regeneração – vedada a supressão em área rural e urbana (após vigência da lei em 2006)	

Legenda: *Somente admitida supressão/intervenção em casos específicos, estipulados pelos dispositivos legais. **Critério definido pela Lei nº 12.651/2012, conforme especificado pelo inciso II do artigo 8º da Lei Estadual nº 15.913/2015. ***Não foram consideradas Reservas Legais em áreas urbanas, possibilidade de cômputo com APP ou de compensação em outros imóveis fora da área de estudo, especificidades das pequenas propriedades rurais ou temporalidade de ocupações anteriores a 2008. (Continua).

PD: Plano Diretor de Mogi das Cruzes. APRM-ATC: Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras. LPVN: Lei de Proteção da Vegetação Nativa. LMA: Lei da Mata Atlântica. MOP: Macrozona de Ocupação Periurbana. MIPRM: Macrozona de Incentivo à Produção Rural em Mananciais. SOD: Subárea de Ocupação Diferenciada. SUC: Subárea de Urbanização Consolidada. SEC: Subárea Especial Corredor. SUCt: Subárea de Urbanização Controlada. SCA: Subárea de Conservação Ambiental. APP: Área de Preservação Permanente. RL: Reserva Legal. VN: Vegetação Nativa.

Nas propriedades com descumprimento legal de RL, foi realizada a apuração e vetorização manual da vegetação nativa faltante para cada propriedade. A localização das áreas faltantes foi baseada nos seguintes critérios:

i) facilidade de conversão do uso da terra, considerando a seguinte ordem: vegetação arbustiva-arbórea > silvicultura > campo antrópico > outras áreas não vegetadas > agricultura;

ii) proximidade com áreas de APP e de fragmentos de Formação Florestal e/ou Vegetação de Várzea e;

iii) proximidade com outras RLs.

A espacialização da LVPN considerou a Reserva Legal como 20% da propriedade, independentemente da cobertura de APP e de outros critérios de exceção, como a possibilidade de compensação da RL em outros imóveis fora da área de estudo. Além disso, os critérios legais para contabilização de RL em área urbana não foram aplicados devido à ausência de informações oficiais sobre essas propriedades. Propriedades rurais parcialmente situadas na bacia de estudo, mas com RL cumprida fora da área de estudo, não foram consideradas para criação de novas RLs. Por outro lado, para propriedades sem RL cumprida, ela foi espacializada preferencialmente dentro da bacia de estudo.

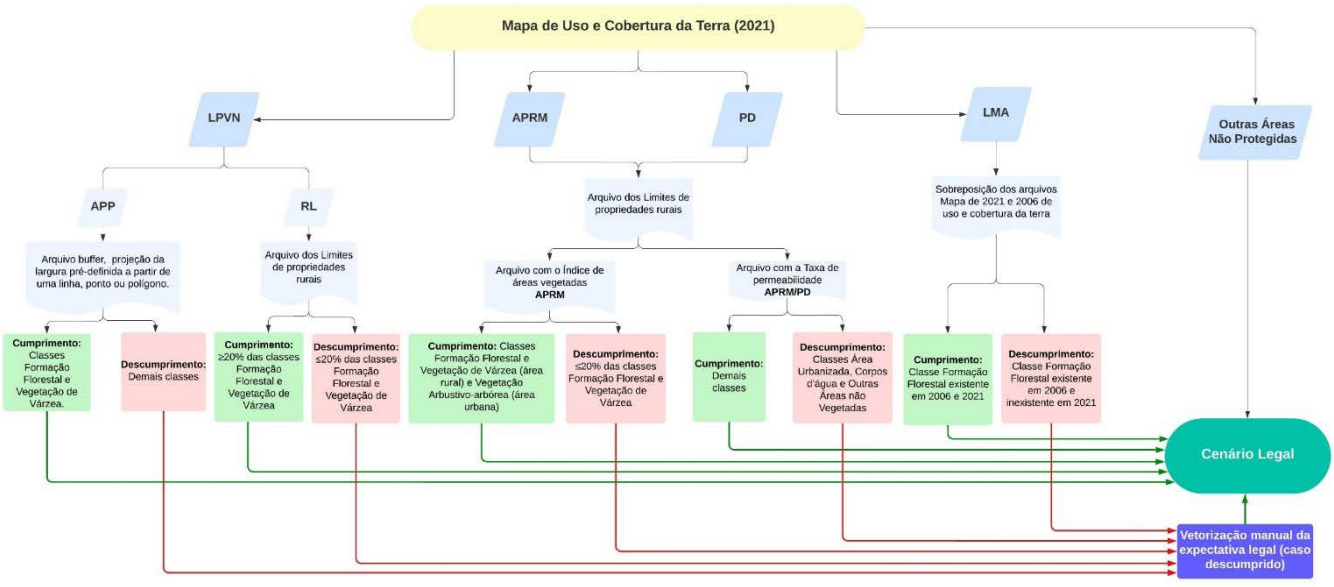
A LPVN prevê também exceções para a manutenção da vegetação nativa, como:

i) APPs destinadas a utilidade pública, ao interesse social e a atividades eventuais ou de baixo impacto ambiental (Artigo 8°);

Figura 2

Fluxograma da criação do cenário legal da área de estudo – bacia hidrográfica a jusante do Reservatório Jundiaí, Mogi das Cruzes – SP.

Legenda: LPVN: Lei de Proteção da Vegetação Nativa. APRM-ATC: Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras. PD: Plano Diretor de Mogi das Cruzes. LMA: Lei da Mata Atlântica.



ii) continuidade das atividades agrossilvipastoris em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008, com obrigatoriedade de recompor as faixas mínimas de APPs de acordo com o Módulo Fiscal (MF), variando de 1 a 4 MF (Artigo 61-A); e

iii) imóveis com até 4 MF que, até 22 de julho de 2008, tinham RL com percentuais inferiores aos previstos pelo Artigo 12, dispensados de recomposição da vegetação nativa, sendo a RL constituída pela vegetação nativa existente até essa data (Artigo 67). No caso do município de Mogi das Cruzes, como o MF é de 5 hectares (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 2024), significa que as propriedades de até 20 há podem se enquadrar nessas exceções, o equivalente a 21,34% do território do município.

Embora a ausência de RL e APP esteja prevista nessas situações específicas da lei, esta possibilidade não foi incorporada ao cenário legal por dois motivos:

i) pela ausência de informações oficiais sobre as propriedades que se enquadram nessas excepcionalidades legais; e

ii) pela defesa da expectativa científica de máxima proteção da vegetação nativa remanescente. As excepcionalidades previstas na LPVN representam um retrocesso, pois não constavam no Código Florestal de 1965 (*Lei n. 4.771*, 1965), que determinava uma proteção mais ampla (Tambosi et al., 2015; Brancalion et al., 2016; Guidotti et al., 2017; Lopes et al., 2018; Mello et al., 2022). Trabalhos anteriores enfatizaram a importância da manutenção de reservas naturais privadas para garantir habitats e a biodiversidade, o que inclui a exigência de restaurar áreas de vegetação nativa desmatadas (Metzger, 2010; Hardt et al., 2013; Brancalion et al., 2016; Guidotti et al., 2017; Issii et al., 2024).

A LPVN foi considerada cumprida apenas nas áreas de uso da terra identificadas como Formação Florestal e Vegetação de Várzea, esta última entendida como de ocorrência natural na área estudada. Dessa forma, o cenário legal adotado representa a expectativa legal tecnicamente factível, considerando a máxima proteção possível da bacia, o que seria o ideal para a conservação.

2.4.2. Área de proteção e recuperação dos mananciais do Alto Tietê – APRM-ATC, lei estadual n. 15.913/2015

A espacialização das taxas de permeabilidade (%) e do índice de área vegetada (%) considerou o *shapefile* das subáreas previstas pela APRM-ATC (Figura 1, Tabela 3). As quantificações de áreas permeáveis foram avaliadas neste estudo devido ao seu potencial de infiltração de água no solo, uma condição relevante para o histórico de inundações da área de estudo. O índice de área vegetada foi considerado como parte do percentual de áreas permeáveis.

Na estimativa de taxa de permeabilidade, considerou-se como cumprido o uso que não incluísse edificações ou construções, ou seja, as classes do mapa

recente de 2021 que não fossem "Área Urbanizada", "Corpos d'água" e "Outras Áreas não Vegetadas". Para a estimativa do índice de área vegetada foram consideradas como cumpridas as classes Formação Florestal, Vegetação de Várzea, Silvicultura e Vegetação Arbustiva Arbórea. Essa regra não se aplica à subárea SCA, onde é exigida a cobertura por vegetação de indivíduos nativos, que se enquadra nas classes de Formação Florestal e Vegetação de Várzea.

Nas propriedades em que foi identificado o descumprimento em relação ao índice de área vegetada (%) e à taxa de permeabilidade (%), foi incluído o percentual das classes de uso e cobertura da terra que atendiam aos requisitos legais para cada propriedade, também de forma individual e manual. A vetorização dessas áreas foi baseada nos seguintes critérios:

i) conversão para as classes de Formação Florestal nas áreas rurais e Vegetação Arbustivo-arbórea nas áreas urbanizadas e

ii) possíveis conexões com fragmentos vizinhos de vegetação nativa.

2.4.3. Plano diretor do município de Mogi das Cruzes, Lei complementar n. 150/2019.

A espacialização da expectativa de área permeabilizada pelo PD foi obtida a partir do *shapefile* de zoneamento municipal (Tabela 1). Assim como nos demais mapas legais, as áreas sem informação de uso e delimitação dos lotes e propriedades, foram desconsideradas da avaliação.

Para a conversão do uso recente (2021) para atendimento da expectativa legal foram adotados os mesmos critérios estabelecidos para a Lei da APRM-ATC. Isso inclui o cumprimento do percentual de taxa de permeabilidade estabelecido pelo PD (Tabela 3).

2.4.4. Proteção da vegetação nativa do bioma Mata Atlântica – lei federal n. 11.428/2006 e decreto federal n. 6.660/2008

A expectativa da LMA foi realizada tendo em vista que a partir do ano de sua edição, em 2006, não seria admitida a supressão de vegetação nativa secundária em estágio avançado e médio de regeneração (Artigo 21) e seria admitida a supressão de no máximo 50% nas áreas urbanas (§ 2º, artigo 31) (*Lei n. 11.428*, 2006). Casos específicos, como a exceção dos imóveis de pequenos produtores rurais (Artigo 9°), não foram considerados, por falta de dados geoespaciais.

Para a espacialização da expectativa legal, foram utilizados mapas de uso e cobertura da terra do Mapbiomas para o ano de 2006, mantendo a expectativa de proteção de 100% das áreas cobertas por Formação Florestal (florestas em diferentes estágios sucessionais) para as áreas rurais e 50% para as áreas urbanas. Além disso, foram identificadas as áreas regeneradas após a aplicação da LMA, a partir da sobreposição entre o mapa recente de 2021 e o mapa de 2006.

3. Resultados

O mapa de uso e cobertura da terra recentes (2021) revela uma paisagem predominantemente agrícola (38,6%) e florestal (28,9%), com pequena parcela urbanizada (7,52%), conforme detalhado na Figura 3 e Tabela 4.

A LPVN tem a maior projeção de proteção da vegetação nativa (46,9% da área de estudo), com proteção de 38,0% da classe de formação florestal e 8,9% da vegetação de várzea. Apesar disso, apenas 47,1% das propriedades avaliadas cumprem o percentual mínimo destinado à área da RL dentro de seus imóveis. Para as propriedades que não cumpriram esse mínimo, os autores propuseram 102 polígonos de reservas legais, com o total de 736,82 ha de vegetação nativa, definidos conforme descrito nos métodos.

Na aplicação dos critérios da LPVN, foram avaliados 1.900 lotes urbanos (12% da bacia) e 193 propriedades rurais (63% da bacia), sendo que 88,2% têm menos de 4 Módulos Fiscais (1.337,25 ha, 38,3% da bacia).

O cumprimento de todas as APPs da bacia é de 49,7%. As APPs identificadas na bacia incluem faixas de proteção dos cursos d'água, nascentes e reservatórios de águas superficiais (Tabela 5). Na área de estudo, não foram identificadas situações de encostas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive, nem foram encontradas veredas, morros ou montanhas que exigiriam a designação de APP para esses casos.

A análise comparativa entre o mapa recente de 2021 e o cenário legal (soma dos dispositivos legais) por sobreposição espacial permitiu quantificar o descumprimento legal na cobertura por vegetação nativa. No cenário legal, a vegetação nativa, composta pelas classes Formação Florestal e Vegetação de Várzea, resultaria em 54,7%, porém, na situação recente (2021), essa somatória corresponde a apenas 37,2% da área (Figura 3 e Tabela 4).

Tabela 4 Percentuais de uso e cobertura da terra do mapa recente (2021), cenário legal e dos dispositivos legais avaliados na bacia Jusante do Reservatório Jundiaí, no município de Mogi das Cruzes, São Paulo.

Classe de Uso e Cobertura da Terra	Área (%)					
	Expectativas Legais				Cenário Legal (Completo)	Uso e cobertura recente (2021)
	LPVN	APRM-ATC	PD	LMA		
Formação florestal	38,0%	34,9%	29,1%	31,6%	43,8%	28,9%
Silvicultura					0,5%	0,7%
Campo antrópico					2,2%	2,7%
Vegetação arbustiva-arbórea		8,5%	12,0%		7,1%	10,4%
Área urbanizada					6,4%	7,5%
Outras áreas não vegetadas					1,2%	2,5%
Corpos d'água					0,3%	0,3%
Agricultura					27,7%	38,6%
Vegetação de várzea	8,9%	10,6%	8,4%	8,0%	10,9%	8,3%

Legenda: PD: Plano Diretor de Mogi das Cruzes. APRM-ATC: Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras. LPVN: Lei de Proteção da Vegetação Nativa. LMA: Lei da Mata Atlântica.

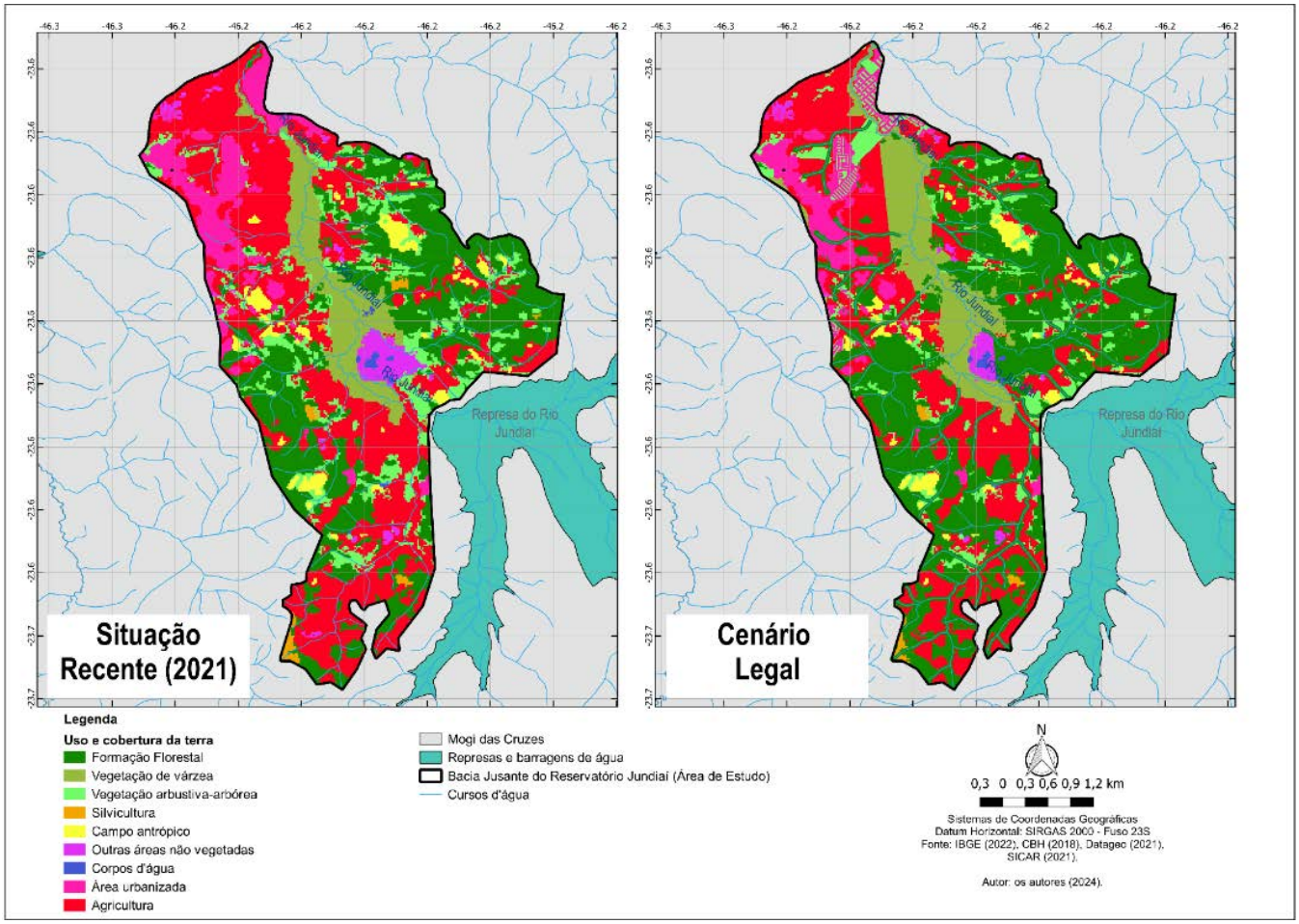


Figura 3

Comparação entre o mapa recente de uso e cobertura da terra (2021) e o cenário legal de proteção da vegetação nativa e áreas permeáveis na bacia jusante do Reservatório Jundiaí, no município de Mogi das Cruzes, São Paulo.

As contribuições dos dispositivos legais foram avaliadas separadamente, sem o cômputo da sobreposição de áreas protegidas por dispositivo legal e considerando a sobreposição deles nos valores do cenário legal (Tabela 5). Observa-se que a Reserva Legal (17,9%) tem maior previsão de proteção pela LPVN na área de estudo, cerca de 625,3 ha da bacia. A subárea mais protegida pela lei da APRM-ATC é a SCA, tanto no critério de índice de área vegetada (25,3%) quanto nas áreas permeáveis (50,6%), tendo em vista que cobre a maior extensão da bacia (86,7%). O critério com maior índice de proteção pelo PD é a macrozona MIPRM (50,6%), que tem o mesmo critério de áreas permeáveis que o da lei da APRM-ATC, na subárea SCA.

Considerando as medidas de proteção de vegetação nativa incidentes na área, na situação recente (2021) há 32,2% de desconformidade legal, com maior descumprimento pela classe Agricultura (71,4%) (Figuras 4A e 5).

Dos dispositivos legais avaliados, a LMA tem o maior cumprimento legal (87,5%), enquanto a LPVN tem o maior percentual de descumprimento (20,8%), decorrente principalmente do uso de Agricultura (16,1%) e da cobertura por Vegetação Arbustiva-Arbórea (8,2%). Apesar disso, as áreas de Mata Atlântica regeneradas entre 2006 e 2021 (15,8%) foram superiores às áreas desmatadas e em descumprimento legal (12,5%).

Tabela 5 Áreas de proteção legal previstas nos dispositivos legais: Lei APRM-ATC, PD e Lei LMA, na bacia jusante do Reservatório Jundiaí, no município de Mogi das Cruzes, São Paulo.

Classe de proteção	Dispositivo Legal		Área (ha)	Proteção do dispositivo sobre a bacia (%)
APP Nascente	LPVN		47,9	1,4%
APP Cursos d'água			478,8	13,7%
APP Represa do Rio Jundiaí			1,1	0,0%
Reserva Legal			625,3	17,9%
Total:			**1.153,1**	**33,0%**
Índice de área vegetada	APRM-ATC	SUC	6,4	0,2%
		SUCt	3,6	0,1%
		SOD	44,9	1,3%
		SCA	882,8	25,3%
Total:			**937,67**	**26,9%**
Fragmento em estágio médio em área urbana	LMA		1,5	0,0%
Fragmento em estágio médio/avançado em área rural			977,3	28,0%
Total:			**978,73**	**28,0%**
Áreas permeáveis	APRM-ATC	SUC	12,9	0,4%
		SUCt	7,2	0,2%
		SOD	89,7	2,6%
		SCA	1765,6	50,6%
	Total:		**1875,4**	**53,7%**
	PD	MOP	244,8	7,0%
		MIPRM	1765,6	50,6%
	Total:		**2010,4**	**57,6%**
Proteção do Cenário Legal*	**Total (vegetação nativa):**		**1893,5**	**54,2%**
	Total (áreas permeáveis):		**1875,4**	**53,7%**

Legenda: *Na proteção do cenário legal não foram computadas sobreposições de áreas protegidas. PD: Plano Diretor de Mogi das Cruzes. APRM-ATC: Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras. LPVN: Lei de Proteção da Vegetação Nativa. LMA: Lei da Mata Atlântica. MOP: Macrozona de Ocupação Periurbana. MIPRM: Macrozona de Incentivo à Produção Rural em Mananciais. SOD: Subárea de Ocupação Diferenciada. SUC: Subárea de Urbanização Consolidada. SEC: Subárea Especial Corredor. SUCt: Subárea de Urbanização Controlada. SCA: Subárea de Conservação Ambiental. APP: Área de Preservação Permanente.

Em relação ao cumprimento dos critérios da APRM-ATC, o índice de área vegetada não foi atendido nas subáreas SUC (0,0%) e SOD (0,0%) e foi parcial em SUCt (11,5%) e em SCA (54,7%). O critério de permeabilidade do PD não foi atendido na MOP (0,0% de cumprimento) e foi atendido em cerca de 98% da MIPRM. Apesar disso, caso fossem substituídas as áreas de descumprimento de permeabilidade por áreas vegetadas, para atendimento da expectativa da lei, haveria o aumento de apenas 0,2% de Formação Florestal, em área rural, e de 1,6% de Vegetação Arbustiva-Arbórea em área urbana, do total existente na bacia.

Ao observar os critérios de proteção previstos pela LPVN individualmente, constata-se que a RL e a APP de nascentes são as que têm melhor situação de

cumprimento, considerando que a cobertura das classes Formação Florestal e Vegetação de Várzea é de 89,4% para a RL e 62,4% na APP de nascentes. Porém, há baixo cumprimento legal na cobertura de vegetação nativa nas APPs de reservatórios (22,6%) e de curso d'água (48,5%) (Figura 4A e Tabela 5).

A área de estudo é majoritariamente permeável (92,1%). A subárea SCA da Lei da APRM-ATC, correspondente à macrozona MIPRM do PD, é a que mais se aproxima do cumprimento legal, com pouco mais de 2% coberto pela classe Outras Áreas Não Vegetadas (Figura 4B). Em contraste, a área da macrozona MOP do PD tem lotes sem áreas dedicadas à permeabilidade do solo, descumprindo o requisito legal. Ainda assim, as áreas permeáveis são destaque no cumprimento legal de 99,00% das expectativas legais.

No cenário legal, de somatória dos dispositivos legais, fica evidente que, das áreas que deveriam ser cobertas por vegetação nativa, há cumprimento de 67,8%, havendo 23% das áreas protegidas utilizadas por atividades agrícolas (Figura 4A). Em relação às áreas permeáveis, há cumprimento de 87% do cenário legal, havendo 11% por Áreas Urbanizadas e 2,0% por Outras Áreas Não Vegetadas (Figura 4B).

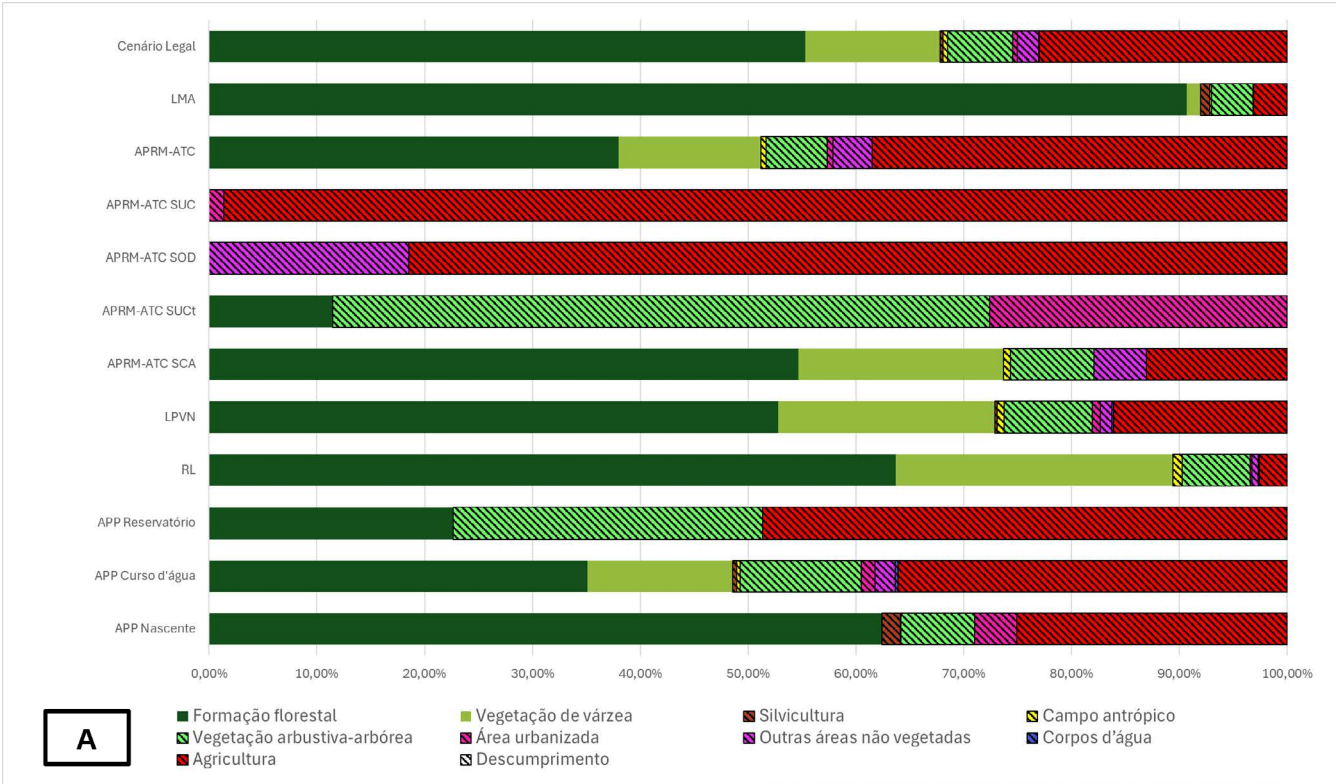
4. Discussão

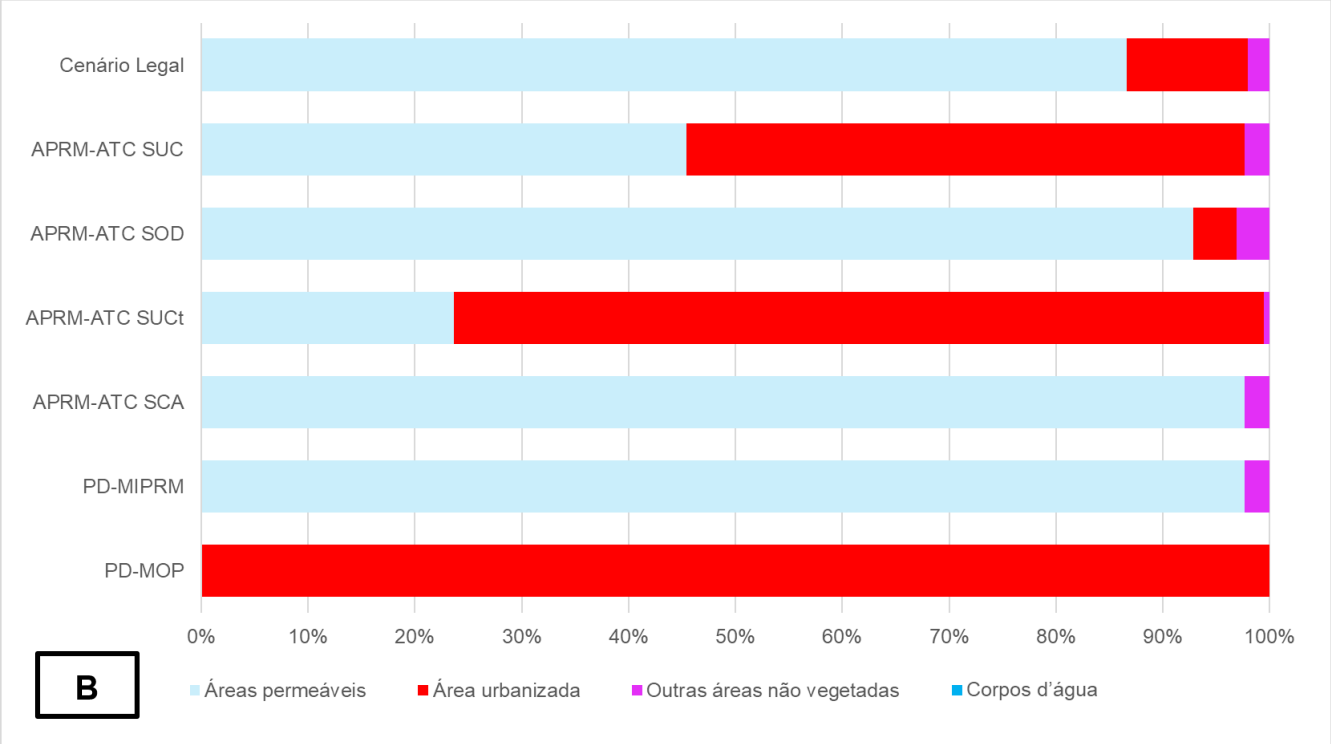
A agricultura é a principal atividade produtiva em Mogi das Cruzes; é a classe com maior presença na área da bacia (38,6%). Integrante do "Cinturão Verde" paulista, Mogi das Cruzes se destaca pela produção de caqui e hortaliças (Sindicato Rural de Mogi das Cruzes, 2024). Além disso, na área de estudo prevalecem 86,7% da área destinada à Macrozona de Incentivo à Produção Rural

Figura 4

Usos e coberturas da terra recente (2021) nas áreas de expectativa legal de proteção de vegetação nativa (A) e de áreas permeáveis (B) na bacia Jusante do Reservatório Jundiaí, no município de Mogi das Cruzes, São Paulo.*

Legenda: *Barras hachuradas são classes que descumprem os dispositivos legais. LMA: Lei da Mata Atlântica (Lei Federal nº 11.428/2006). APRM-ATC: Área de Preservação e Recuperação de Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras (Lei Estadual nº 15.913/2015). PD: Plano Diretor de Mogi das Cruzes (Lei Complementar Municipal nº 150/2019). MOP: Macrozona de Ocupação Periurbana. MIPRM: Macrozona de Incentivo à Produção Rural em Mananciais. SOD: Subárea de Ocupação Diferenciada. SUC: Subárea de Urbanização Consolidada. SEC: Subárea Especial Corredor. SUCt: Subárea de Urbanização Controlada (SUCt). SCA: Subárea de Conservação Ambiental. APP: Área de Preservação Permanente. RL: Reserva Legal.





em Mananciais (MIPRM), conforme estipulado pelo Plano Diretor (PD), que incentiva a expansão das atividades agrícolas em grande parte da bacia.

Apesar de sua importância para a economia local, as áreas agrícolas apresentaram as menores taxas de conformidade com a proteção legal de APPs, refletindo o histórico brasileiro de pressão pela conversão de vegetação nativa em atividades agrícolas e pecuárias. Nas últimas três décadas, 38% do território brasileiro sofreu alterações desse tipo (Souza et al., 2020). Mesmo considerando que a fração urbana seja menos expressiva na área estudada (7,52%), ainda há descumprimentos na classe Áreas Urbanizadas, o que é apontado também por Harano e Galvanin (2023), que mostraram essas irregularidades na zona urbana de Mogi das Cruzes.

Não há indicações no PD de expansão da porção urbana e apenas 13,3% do território analisado é destinado à urbanização por meio da Macrozona de Ocupação Periurbana (MOP), restringindo a área aos usos rurais. Há ainda maior reforço nas restrições de uso da bacia, considerando a aplicação da Lei da APRM-ATC sobre a área, porém as diretrizes desta lei ainda preveem certa conversão do uso da terra para construção de edificações (Vieira & Sartorello, 2020).

Situações de descumprimento legal de normas de proteção ambiental são recorrentes em diversas regiões do Brasil. Em áreas mais urbanizadas da RMSP, como Diadema – SP, esses valores são significativamente maiores do que os observados na bacia estudada. Em Diadema, ocorre um descumprimento de 68% da LPVN e 32,2% da APRM-Billings (Issii et al., 2020). No entanto, assim como neste estudo, o cumprimento da LMA foi o mais elevado, atingindo 99,4% (Issii et al., 2020).

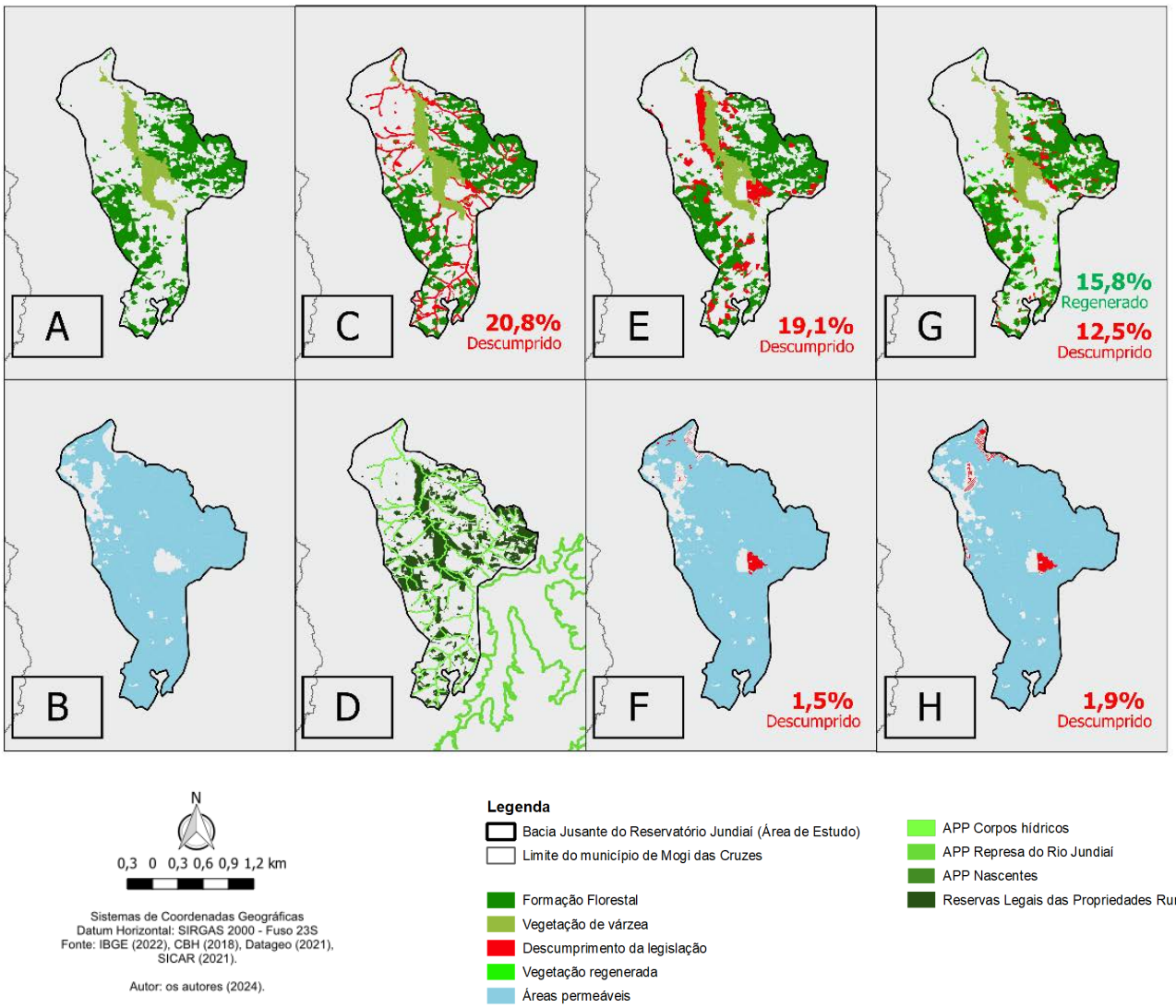


Figura 5

Mapas de vegetação nativa (A) e de áreas permeáveis recentes (B) (2021) e das expectativas legais de proteção na bacia jusante do Reservatório Jundiaí, no município de Mogi das Cruzes, São Paulo. Conforme Lei de Proteção da Vegetação Nativa – LPVN (C e D), Lei de Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras – APRM-ATC (E e F), Lei da Mata Atlântica – LMA (G), Plano Diretor – PD (H).

Outros autores também identificam desatendimento dos dispositivos legais em paisagens rurais, como Hardt et al. (2012), que evidenciam o descumprimento de 10% da expectativa da lei em áreas protegidas da Serra do Japi, em Jundiaí-SP. Santos et al. (2021) avaliam as condições de cobertura de vegetação nativa nas APPs e RLs da bacia do Rio Buranhém, em Minas Gerais e Bahia, e identificam que grande parte das RLs (41,8%) e APPs (74,7%) não tinha vegetação nativa.

Em diversas regiões brasileiras ocorrem irregularidades nas RLs (Santos et al., 2017; Paz et al., 2020; Dias dos Santos et al., 2021; Souza et al., 2024), nos mesmos moldes que na maior parte dos usos conflitantes das áreas protegidas da bacia pesquisada. Isso ocorre em grande parte em razão das atividades agrícolas. Ademais, há registro de perda de vegetação nativa e perturbações por outros usos e coberturas da terra em áreas protegidas de outros países, como no Peru (Vera et al., 2024), na África do Sul (Vukeya et al., 2023) e na Indonésia (Segah et al., 2023).

Esses casos evidenciam que as situações de descumprimento identificadas no presente estudo refletem padrões observados no país e no mundo todo. Há

uma tendência de usos conflitantes com a proteção legal, especialmente pela substituição de vegetação nativa por atividades agrícolas. Essa tendência é retratada em estudos que exploram cenários futuros, nos quais a conversão da vegetação nativa poderá ser substituída por pastagem e agricultura (Agudelo-Hz et al., 2023).

Não obstante, os percentuais indicadores de descumprimentos registrados por diversos autores brasileiros (Hardt et al., 2012; Gutierrez et al., 2017; Issii et al., 2020; Paz et al., 2020; Carvalho et al., 2021; Dias dos Santos et al., 2021; Santos et al., 2021; Souza et al., 2024) poderiam ser ainda maiores se a lei anterior de 1965 (*Lei n. 4.771*, 1965) ainda estivesse vigente. Isso ocorre devido ao enfraquecimento dos mecanismos legais de proteção da vegetação nativa definidos em 1965 com a promulgação da LPVN em 2012 (Lima & Garcia, 2014). A nova lei trouxe diversos trechos contraditórios, como, por exemplo, a redução nos padrões de proteção das APPs (Guidotti et al., 2017; Lopes et al., 2018), com redução de até 99% da faixa protegida, dependendo do tamanho da propriedade rural (Brancalion et al., 2016).

Este estudo não fez o cômputo da APP como parte da RL e desconsiderou as situações de exceção, como a pequena propriedade rural, o que pode ter gerado superestimação de descumprimentos. Essa abordagem visou maximizar o potencial protetivo da legislação, assim como ocorria na lei precedente, o Código Florestal de 1965 (*Lei n. 4.771*, 1965). Diversos autores criticam a nova lei, a LPVN (*Lei n. 12.651*, 2012), que substitui a lei de 1965 (Tambosi et al., 2015; Brancalion et al., 2016; Guidotti et al., 2017; Mello et al., 2022). Essas críticas destacam que os conselhos da comunidade científica foram ignorados pelos tomadores de decisão (Mello et al., 2022). Estudos realizados após a promulgação da LPVN evidenciam, por exemplo, um grande impacto sobre o bioma Mata Atlântica (Brancalion et al., 2016; Guidotti et al., 2017).

A ausência de vegetação, causada pelo descumprimento da proteção da vegetação nativa e até mesmo pela redução da aplicação de dispositivos legais, pode causar a ampliação das ilhas de calor, alterar a infiltração das águas pluviais e influenciar negativamente a qualidade de vida da população. Por outro lado, a presença de áreas urbanas arborizadas melhora a qualidade do ar e reduz ruídos (McPherson et al., 1994; Jack-Scott et al., 2013). Além da redução de cobertura verde promover o aumento da temperatura da superfície terrestre (Al Kafy et al., 2021), pode haver redução da evapotranspiração (Tucci, 1999). Essa condição pode também comprometer a biodiversidade, provocar isolamento de *habitat* (Castro, 2005; Vukeya et al., 2023), compactação do solo (Carvalho et al., 2021), homogeneização biótica, redução de endemismo e queda na capacidade de estocagem de carbono (Lima et al., 2020).

O presente estudo indicou principalmente descumprimento nas APPs, nas quais outras classes de uso e cobertura que não a de vegetação nativa também podem acarretar o assoreamento de corpos hídricos e surgimento de processos erosivos do solo (Castro, 2005; Santos et al., 2021; França et al., 2022).

Apesar de um dos critérios adotados por este estudo na espacialização da

LPVN para a localização das RL ser a proximidade com outras áreas de proteção, como RL, APP, UC ou outras áreas legalmente protegidas, a maior parte delas esteve fragmentada na paisagem, sem conexões com outros fragmentos de vegetação. A fragmentação das RLs na bacia não é exceção, pois ocorre em outras regiões do Brasil (Paz et al., 2020; Santos et al., 2021; Souza et al., 2024). De maneira geral, a fragmentação de habitats pode trazer prejuízos, pois facilita o acesso humano aos remanescentes florestais, aumentando a exposição ao fogo, à extração seletiva de madeira, à caça, às invasões biológicas, aos efeitos de borda e ao isolamento florestal (Lopes et al., 2018; Lima et al., 2020).

O descumprimento legal observado na bacia estudada ressalta a necessidade de medidas adicionais para proteger e recuperar as áreas de vegetação nativa, conforme estabelecido pelas leis ambientais vigentes. A falta de um órgão integrador que avalie os dispositivos legais, muitas vezes considerados apenas quando há licenciamento ambiental, contribui para o não cumprimento legal. Isso é observado também no estudo de Santos et al. (2021), que ressalta a necessidade de mapeamento, monitoramento e fiscalização dessas áreas protegidas e de incentivos por meio de políticas públicas para manutenção das APPs, como o pagamento por serviços ambientais (PSA) (*Lei n. 14.119*, 2021) e outras formas de compensação.

Além disso, considerando que atualmente os remanescentes do bioma Mata Atlântica representam aproximadamente um décimo da sua cobertura original (Weber et al., 2021), sendo uma das florestas mais ameaçadas no mundo (Ramanelli et al., 2022), preocupa a perda da vegetação nativa na bacia. Por outro lado, desde a promulgação da LMA, em 2006, foram identificadas áreas com florestas regeneradas (15,8%) da classe Formação Florestal em 2021, superiores às áreas desmatadas (12,5%). Esse saldo positivo pode contribuir para as metas de conservação da Mata Atlântica.

A análise do cenário legal de expectativas de proteção tem se mostrado crucial para entender os efeitos jurídicos na conservação de florestas e da biodiversidade (Hardt et al., 2012; Issii et al., 2020, 2024). Além disso, a criação de cenários legais tem o potencial de orientar o planejamento de ações, revisões legais e fiscalização ambiental, fortalecendo a gestão sustentável do território.

Ainda que em uma escala global sejam comumente empregados dispositivos de proteção da vegetação nativa e de áreas ripárias (Luke et al., 2018), como a faixa de proteção das margens de rios na Austrália, com larguras de 60 m a 100 m, e as faixas definidas pela *European Union Water Framework Directives*, que vão de 3 m a 100 m, a aplicação e a efetividade desses dispositivos ainda carecem de estudos. Há casos como Quebec, onde atividades agrícolas são proibidas em 3 m de largura da zona ribeirinha. Nos EUA, a lei conhecida como *The Clean Water Act* estipula a proteção de faixas de áreas nas porções ripárias (Majumdar & Avishek, 2023). A avaliação de cenários legais poderia ajudar a preencher essa lacuna, analisando o cumprimento e a eficácia dessas regulamentações.

No que se refere às limitações desse estudo, as estimativas de cumprimento legal observadas podem ter sido afetadas pela resolução das imagens utilizadas na criação do mapa de uso e cobertura da terra recente. O mapa do Mapbiomas, gerado a partir de imagens Landsat, com resolução de 30 m de *pixel*, pode ter ocultado detalhamentos de usos e coberturas nas áreas protegidas avaliadas, especialmente porque as APPs de curso d'água da região têm uma faixa de 30 metros. Há outras limitações de acurácia desses mapas, detalhadas em Mapbiomas (2024). O uso desse material decorre da ausência de mapeamentos oficiais compatíveis com a escala de análise. Apesar da robustez do MapBiomas, a resolução das séries históricas construídas com base em imagens Landsat pode limitar a detecção de feições em áreas protegidas de pequena dimensão, como APPs de pequena largura (Issii et al., 2020).

É importante considerar ainda que nem todos os limites de propriedades rurais foram analisados, uma vez que o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural apresenta informações e dados autodeclaratórios (Melo et al., 2021). Não se sabe se esses proprietários simplesmente não se cadastraram no sistema ou se têm a RL compensada em outra bacia hidrográfica (Santos et al., 2021). Além disso, os dados utilizados para espacializar as APPs de nascentes não têm uma escala de detalhes que permita aprofundar as análises sobre, por exemplo, identificação de nascentes recuadas ou suprimidas.

Como consequência disso, o percentual de cumprimento legal obtido poderia ser acrescido ou decrescido caso obtivéssemos informações sobre as áreas sem dados de limites de propriedades rurais, que representam pouco mais de 25% da bacia estudada. Muitos critérios empregados estão em função dos limites do lote rural ou urbano, como a Lei da APRM-ATC, RL, PD. Isso não significa dizer, por exemplo, que os limites de MOP são inteiramente urbanizados, mas sim que a escala utilizada de 30 m de resolução e os limites de propriedades avaliadas indicam que não são atendidos os requisitos de áreas permeáveis. Os descumprimentos da área permeável são observados geralmente em porções urbanas em imagens com resoluções melhores, como no caso do estudo realizado por Andrade et al. (2024). O uso desse tipo de imagem possivelmente permitiria identificar outras áreas com usos impermeáveis na bacia.

Embora a bacia seja predominantemente permeável, é importante considerar que diferentes classes de uso e cobertura da terra podem oferecer diferentes níveis de infiltração no solo (Tucci, 1999; Kemerich et al., 2014), o que exige avaliações aprofundadas em estudos técnicos específicos. As poucas áreas impermeáveis (como as classes Áreas Urbanas e Outras Áreas Não Vegetadas) que não cumprem o requisito legal estão concentradas na porção urbanizada, a jusante da bacia, onde não são observados fragmentos de vegetação ou aglomerados arbóreos.

Apesar dessas limitações, a elaboração de estudos como este, que permite avaliar o cumprimento das leis ambientais, destaca a importância de adotar metodologias baseadas em geoprocessamento e a construção de ce-

nários legais como parte integrante do planejamento público relacionado ao ordenamento territorial. Há algum tempo, esse tipo de análise integrada das exigências legais não tem sido incorporado aos instrumentos de planejamento, incluindo zoneamentos municipais e planos de recursos hídricos, como o plano de bacia e o Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA) (Alvim et al., 2012; Ikematsu & Sandeville, 2013).

O uso do geoprocessamento é reconhecidamente importante para auxiliar a obtenção de informações prévias e a definição de políticas públicas (Harano & Galvanin, 2023). Além disso, a utilização de ferramentas SIG e de sensoriamento remoto tem fundamental importância para o desenvolvimento da fiscalização remota, considerando que os órgãos públicos ambientais têm dificuldade de fiscalizar presencialmente ilícitos ambientais (Gaio, 2022).

O acesso às informações sobre o regramento incidente em cada parte do território pode ser, inclusive, uma ferramenta de comunicação para auxiliar proprietários e interessados a compreenderem suas responsabilidades e direitos (Brancalion et al., 2016). Assim, é recomendado que o método adotado neste trabalho para criação de cenários legais seja adotado como referência para o desenvolvimento de planos relacionados ao ordenamento territorial, à conservação de florestas e da biodiversidade e ao planejamento de atividades de fiscalização e regularização, o que dependerá, dentre outros fatores, da vontade política dos governantes.

5. Conclusão

A construção do cenário legal e das suas expectativas de proteção da área de manancial estudada foi fundamental para compreender os efeitos legais sobre a conservação de florestas e de vegetação nativa. A análise comparativa entre o cenário legal e a situação atual revelou lacunas de cumprimento legal da proteção de vegetação nativa e de áreas permeáveis, que têm um percentual maior de cumprimento legal, para a área bacia estudada. Nenhum dos dispositivos legais avaliados foi cumprido em sua totalidade. A LPVN apresentou a maior taxa de descumprimento (20,8%). Os principais problemas foram encontrados nas APPs, evidenciando conflitos entre o uso da terra e a conservação de florestas.

Embora a metodologia aplicada possa gerar certa superestimação dos resultados, ficaram comprovadas a eficiência e praticidade das ferramentas de geoprocessamento na espacialização das leis, apesar dos desafios da transposição dos dispositivos legais para o ambiente SIG. O estudo é relevante, pois, mesmo com limitações, oferece um levantamento de dados essencial para apoiar os órgãos competentes a reagir aos descumprimentos e elaborar informações que fundamentem futuras iniciativas mais alinhadas à realidade local.

Apesar disso, este trabalho reconhece (i) a dificuldade de se implementar ferramentas de planejamento como a metodologia proposta e (ii) que, para

viabilizar a aplicação, é necessário que se tenha interesse político e o fortalecimento dos órgãos ambientais.

Entre as limitações deste estudo, destaca-se a indisponibilidade de dados sobre a todas as propriedades rurais da bacia, de mapas de uso e cobertura da terra de alta resolução e de delimitação de áreas nas situações previstas para a exceção na obrigatoriedade de manutenção de cobertura de vegetação nativa em APPs, como as áreas de utilidade pública, interesse social e de baixo impacto ambiental, que não foram disponibilizados pela prefeitura de Mogi das Cruzes.

Por fim, recomenda-se que a metodologia aqui adotada seja incorporada ao planejamento para o ordenamento territorial e para a conservação da biodiversidade, em nível municipal e regional. Integrar estas análises nos instrumentos de planejamento público ou disponibilizá-las para visualização de forma facilitada, poderá ampliar significativamente a eficácia da comunicação com proprietários e interessados sobre as responsabilidades legais e o seu cumprimento em diferentes partes do território.

Referências

Agudelo-Hz, W. J., Castillo-Barrera, N. C., & Uriel, M. G. (2023). Scenarios of land use and land cover change in the Colombian Amazon to evaluate alternative post-conflict pathways. *Scientific Reports*, *13*, 2152. https://doi.org/10.1038/s41598-023-29243-2

Al Kafy, A., Rakib, A. A., Akter, K. S., Rahaman, Z. A., Faisal, A., Mallik, S., Nasher, N. M. R., Hossain, M. I., & Ali, Y. (2021). Monitoring the effects of vegetation cover losses on land surface temperature dynamics using geospatial approach in Rajshahi City, Bangladesh. *Environmental Challenges*, *4*, 100187. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100187

Alvim, A. T. B., Bruna, G. C., & Kato, V. R. C. (2012). Políticas ambientais e urbanas em áreas de mananciais: Interfaces e conflitos. *Cadernos Metrópole*, *14*(27), 143–164. https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/8714

Andrade, A. R., Pavan, N. R. M., & Oliveira-Filho, P. C. (2024). Uso de VANT para mapeamento das taxas de permeabilidade urbana intra-lote. *GeoUERJ*, *44*, e70905. https://doi.org/10.12957/geouerj.2024.70905

Araújo Filho, M. C., Meneses, P. R., & Sano, E. E. (2007). Sistema de classificação de uso e cobertura da terra na análise de imagens de satélite. *Revista Brasileira de Cartografia*, *59*(2), 171–179. https://doi.org/10.14393/rbcv59n2-44902

Brancalion, P. H. S., Garcia, L. C., Loyola, R., Rodrigues, R. R., Pillar, V. D., & Lewinsohn, T. M. (2016). Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: Atualizações e ações em curso. *Natureza & Conservação*, *14*(1), 1–6. https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.004

Cabral, S. L., Campos, J. N. B., Silveira, C. S., & Teixeira, F. A. S. (2016). Integração do SIG, HEC/HMS e HEC/RAS no mapeamento de área de inundação urbana: Aplicação à bacia do Rio Granjeiro-CE. *Geociências*, *35*(1), 90–101.

Carvalho, C. G. S., Oliveira, U. R., Porto, R. A., Silva, N., & Farias, R. C. G. (2021). Uso de geotecnologias na identificação e na avaliação dos impactos ambientais nas áreas de preservação permanente em nascentes. *Brazilian Journal of Development*, *7*(4), 39362–39380. https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-410

Castro, S. S. (2005). Erosão hídrica na alta bacia do Rio Araguaia: Distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. *Revista do Departamento de Geografia*, *17*, 38–60. https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0004

Coelho, A. M. A., Fernandes, S. C. M., & Nagano, W. T. (2021). Conexões na paisagem: A arborização urbana como infraestrutura bioconectora. *arq.Urb*, *32*, 94–107. https://doi.org/10.37916/arq.urb.vi32.534

Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. (2023). *Shapefiles*. https://comiteat.sp.gov.br/a-bacia/shapefiles/

Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. (2024). *Dados geoespaciais*. https://cnuc.mma.gov.br/map

DataGEO. (2024). *Sistema ambiental paulista*. https://datageo.ambiente.sp.gov.br/

Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. (2023). *Sistema Produtor Alto Tietê*. https://www.daee.sp.gov.br/site/sistema-produtor-alto-tiete/

Decreto Federal n. 6.660/2008, de 21 de novembro de 2008. (2008, novembro 21). *Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.* Presidência da República. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6660.htm

Dias dos Santos, L., Gonçalves da Silva, J., & Almeida, R. B. (2021). Análise econômica e ambiental das alternativas de restauração do déficit de reserva legal em Mato Grosso do Sul. *Revista de Estudos Sociais*, *24*(49), 132–151. https://doi.org/10.29327/soberebpc2021.343774

Fatorelli, L., & Mertens, F. (2010). Integração de políticas e governança ambiental: O caso do licenciamento rural no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, *13*(2), 401–415. https://doi.org/10.1590/S1414-753X2010000200012

Florenzano, T. G. (2002). *Imagens de satélite para estudos ambientais*. Oficina de Textos.

França, L. C. J., Ferraz, F. T., Morais-Junior, V. T. M., Acerbi-Junior, F. W., & Mucida, D. P. (2022). Conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanente no Alto Rio Jequitinhonha, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, *45*, 44542. https://doi.org/10.11137/1982-3908_45_44542

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. (2023). *Painel Seade*. São Paulo. https://municipios.seade.gov.br/

Gaio, A. (2022). A Operação Mata Atlântica em Pé e a utilização da tecnologia de análise de imagens de satélite: A caracterização do estágio sucessional da vegetação nativa suprimida e a fiscalização remota dos desmatamentos ilegais. *Revista Magister de Direito Ambiental e Urbanístico*, *103*. https://bd.tjdft.jus.br/items/95e1ced9-dbf0-48e5-b6bc-8fcca374753c

Guidotti, V., Freitas, F. L. M., Sparovek, G., Pinto-Guedes, L. F., Hamamura, C., Carvalho, T., & Cerignoni, F. (2017). Números detalhados do novo Código Florestal e suas implicações para os PRAs. *Sustentabilidade em Debate*, *5*, 1–11. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23229.87526

Gutierrez, C. B. B., Ribeiro, H. M. C., Morales, G. P., Gomes-Gutierrez, M., dos Santos, L. S., & de Paula, M. T. (2017). Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo no interior da APA Belém e correlação com os parâmetros de água dos seus mananciais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, *10*(1), 521–534. https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/233806/27340

Harano, F. K. F., & Galvanin, E. A. S. (2023). Análise da dinâmica do uso da terra nas áreas de preservação permanente urbanas em Mogi das Cruzes – SP. *Revista Observatório de la Economía Latinoamericana*, *21*(12), 27002–27014. https://doi.org/10.55905/oelv21n12-189

Hardt, E., dos Santos, R. F., & Pereira-Silva, E. F. (2012). Landscape changes in Serra do Japi: Legal protection or scientific expectation? *Bosque*, *33*(3), 339–344. https://doi.org/10.4067/S0717-92002012000300019

Hardt, E., dos Santos, R. F., de Pablo, C. L., Martín de Agar, P., & Pereira-Silva, E. F. L (2013). Utility of landscape mosaics and boundaries in forest conservation decision making in the Atlantic Forest of Brazil. *Landscape Ecology*, *28*, 385–399. https://doi.org/10.1007/s10980-013-9845-5

Hassler, M. L. (2005). The importance of the units of conservation in Brazil. *Sociedade & Natureza*, *17*(33), 79–89. https://doi.org/10.14393/SN-v17-2005-9204

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). *Malhas municipais*. https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html

Ikematsu, P., & Sandeville, E., Jr. (2013). A lei específica de proteção e recuperação dos mananciais na visão de diferentes atores: O caso da bacia do Guarapiranga, São Paulo, Brasil. In *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/b2ef27499bd273380c875ad0a2e0f20e_f70e66ed5fe6d294cb2c02fe832fd88c.pdf

Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. (2024). *Consultar índices básicos*. https://pro-pgt-incra.estaleiro.serpro.gov.br/pgt/indices-basicos

Instituto de Pesquisas Tecnológicas. (2014). *Plano de desenvolvimento regional dos mananciais do Subcomitê Alto Tietê Cabeceiras: Plano de desenvolvimento e proteção ambiental (PDPA) e assessoria para elaboração das leis específicas: Relatório final* (Relatório Técnico nº 131.578-205, Vol. 2, Parte A). https://comiteat.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/03/FABHAT_VOL_2_PARTE_A_PDPA_APRM_ATC.pdf

Instituto de Pesquisas Tecnológicas. (2022). *Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: Município de Mogi das Cruzes, SP*. https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/19434

Issii, T. M., Romero, A. C., Pereira-Silva, E. F. L., Attanasio Junior, M. R., & Hardt, E. (2020). The role of legal protection in forest conservation in an urban matrix. *Land Use Policy*, *91*, 104366. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104366

Issii, T. M., Pereira-Silva, E. F. L., Galvanin, E. A. S., Attanasio Junior, M. R., & Hardt, E. (2024). Ecological effects of changes on Brazilian native vegetation protection law in an urban area. *Environment, Development and Sustainability*, *26*(1), 1371–1389. https://doi.org/10.1007/s10668-022-02763-z

Jack-Scott, E., Piana, M., Troxel, B., Murphy-Dunning, C., & Ashton, M. S. (2013). Stewardship success: How community group dynamics affect urban street tree survival and growth. *Arboriculture & Urban Forestry*, *39*(4), 189–196. https://doi.org/10.48044/jauf.2013.025

Kemerich, P. D. C., Martins, S. R., Kobiyama, M., Flores, C. E. B., Borba, W. F., Fernandes, G. D., Santi, A. L., & Cherubin, M. R. (2014). Infiltração e escoamento superficial sob diferentes usos e ocupação em uma bacia hidrográfica. *Anuário do Instituto de Geociências*, *37*(2), 75–88. https://doi.org/10.11137/2014_2_75_88

Lei n. 4771, de 15 de setembro de 1965. (1965, setembro 15). *Institui o novo Código Florestal.* Presidência da República. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm

Lei n. 9.866, de 28 de novembro de 1997. (1997, novembro 28). *Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo*. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1997/lei-9866-28.11.1997.html.

Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. (2000, julho 18). *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*. Presidência da República. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm

Lei n. 10.257, de 10 de dezembro de 2001. (2001, dezembro 10). *Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana*. Presidência da República. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm.

Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. (2006, dezembro 22). *Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica*. Presidência da República, Casa Civil. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm.

Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. (2012, maio 25). *Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 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; e dá outras providências*. Presidência da República https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.

Lei n. 14.119, de 13 de janeiro de 2021. (2021, janeiro 13). *Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nº 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política*. Presidência da República. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14119.htm.

Lei n. 15.913, de 02 de outubro de 2015. (2015, outubro 02). *Dispõe sobre a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras – APRM-ATC*. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2015/lei-15913-02.10.2015.html

Lima, A. L. C. de, & Garcia, J. C. O. (2014). O retrocesso normativo ambiental no Brasil: Análise dos reflexos jurídicos da globalização econômica e do neoliberalismo. *Revista Direitos Humanos e Democracia*, *2*(4), 271–300. https://doi.org/10.21527/2317-5389.2014.4.271-300

Lima, R. A. F. de, Oliveira, A. A., Pitta, G. R., Gasper, A. L., Vibrans, A. C., Chave, J., ter Steege, H., & Prado, P. I. (2020). The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Nature Communications*, *11*, 6347. https://doi.org/10.1038/s41467-020-20217-w

Lopes, E. R. N., Sales, J. C. A., Sousa, J. A. P., Amorim, A. T., Albuquerque Filho, J. L., & Lourenço, R. W. (2018). Losses on the Atlantic Mata vegetation induced by land use changes. *Cerne*, *24*(2), 121–132. https://doi.org/10.1590/01047760201824022512

Luke, S. H., Slade, E. M., Gray, C. L., Annammala, K. V., Drewer, J., Williamson, J., Agama, A. L., Ationg, M., Mitchell, S. L., Vairappan, C. S., & Struebig, M. J. (2018). Riparian buffers in tropical agriculture: Scientific support, effectiveness and directions for policy. *Journal of Applied Ecology*, *55*(2), 523–539. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13280

Majumdar, A., & Avishek, K. (2023). Riparian zone assessment and management: An integrated review using geospatial technology. *Water, Air, & Soil Pollution*, *234*(1), 1–20. https://doi.org/10.1007/s11270-023-06329-1

MapBiomas. (2024). *Conheça os passos da metodologia de cobertura e uso da terra*. https://brasil.mapbiomas.org/metodo_cobertura_e_uso/

McPherson, E. G., Nowak, D. J., & Rowntree, R. A. (1994). *Chicago's urban forest ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project* (General Technical Report NE-186). U.S. Department of Agriculture, Forest Service. https://doi.org/10.2737/NE-GTR-186

Mello, K., Brites, A., Borges-Matos, C., Tavares, P. A., Metzger, J. P., Rodrigues, R. R., Santos, Z. L., Joly, C. A., & Sparovek, G. (2022). Science and environmental policy establishment: The case of the Forest Act in the State of São Paulo, Brazil. *Biota Neotropica*, *22*(spe), e20211373. https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1373

Melo, D. P., Araújo, J. C. L., Melo, S. R., Ferrari, V. M., Fernandes, P. F., Oliveira, M. A., & Martensen, A. C. (2021). O Cadastro Ambiental Rural (CAR) no sudoeste paulista: Deficiências e desafios. In N. F. N. Silva, L. L. Santos, A. C. Martensen, & I. E. P. Ferreira (Orgs.), *Alternativas para o desenvolvimento sustentável no sudoeste paulista* (pp. 1–20). Científica Digital. https://doi.org/10.37885/210906161

Metzger, J. P. (2010). O Código Florestal tem base científica? *Natureza & Conservação*, *8*(1), 92–99. https://doi.org/10.4322/natcon.00801017

Miguez, M. G., Veról, A. P., & Carneiro, P. R. F. (2012). Sustainable drainage systems: An integrated approach, combining hydraulic engineering design, urban land control and river revitalisation aspects. In A. Monroy (Ed.), *Drainage systems* (pp. 21–54). InTech. https://doi.org/10.5772/33896

Ministério do Desenvolvimento Regional. (2019). *Guia para elaboração e revisão de planos diretores*. https://www.andusbrasil.org.br/ACERVO/PUBLICACOES/43-GUIA-PARA-ELABORACAO-E-REVISAO-DE-PLANOS-DIRETORES

OpenTopography. (2023). *Copernicus GLO-30 Digital Elevation Model*. https://portal.opentopography.org/raster?opentopoID=OTSDEM.032021.4326.3

Paz, D. O., Castilho, R. M. M., & Sant'Ana, A. L. (2020). Condição ambiental das áreas de reserva legal dos assentamentos rurais da microrregião geográfica de Andradina – SP. *Retratos de Assentamentos*, *23*(1), 126–142. https://doi.org/10.25059/2527-2594/retratosdeassentamentos/2020.v23i1.382

Perera-Valderrama, S., Cruz, L. O. R., Caballero-Aragón, H., Cerdeira-Estrada, S., Martell-Dubois, R., & Ressl, R. (2023). Mexico on track to protect 30% of its marine area by 2030. *Sustainability*, *15*(19), 14101. https://doi.org/10.3390/su151914101

Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes. (2019, 26 de dezembro*). Lei nº 150, de 26 de dezembro de 2019. Institui o Plano Diretor do Município de Mogi das Cruzes*. https://www.mogidascruzes.sp.gov.br/public/site/doc/202001161856435e20ce0b36edc.pdf

Prefeitura Municipal de Mogi das Cruzes. (2010). *Plano diretor de esgotamento sanitário do Município de Mogi das Cruzes*. https://www.mogidascruzes.sp.gov.br/public/site/doc/2016030219070656d739da1769c.pdf

Ramanelli, J. P., Meli, P., Santos, J. P. B., Jacob, I. N., Souza, L. R., Rodrigues, A. V., Trevisan, D. P., Huang, C., Almeida, D. R. A., Silva, L. G. M., Assad, M. L. R. C. L., Cadotte, M. W., & Rodrigues, R. R. (2022). Biodiversity responses to restoration across the Brazilian Atlantic Forest. *Science of the Total Environment*, *821*, 153403. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153403

Santos, S. D., Rabbani, A. R. C., da Silva, L. T., & Crepaldi, M. O. S. (2021). Análise espacial da vegetação nativa em áreas de preservação permanente e de reserva legal e suas implicações legais, na bacia do Rio Buranhém, nos estados de Minas Gerais e Bahia. *Caminhos de Geografia*, *22*(84). https://doi.org/10.14393/RCG228457030

Santos, W. A., Cruz, J. F., Mello, A. A., Santos, R. B., & Loureiro, D. C. (2017). Conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente da bacia do rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, *60*(1), 19–24. https://doi.org/10.4322/rca.2281

Segah, H., Afentina, A., Fatkhurohman, F., Aguswan, Y., & Takayama, N. (2023). Deforestation characteristic during the period 2006–2020 over tropical forest in Central Kalimantan, Indonesia. *Preprints*, 2023091263. https://doi.org/10.20944/preprints202309.1263.v1

Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. (2023). *Mapa de consulta pública*. https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index

Sindicato Rural de Mogi das Cruzes. (2024). *O setor agrícola no Alto Tietê: Aspectos relevantes das cadeias produtivas*. https://sindicatoruralmc.com.br/producao-regional/

Souza, C. M., Jr., Shimbo, J. Z., Rosa, M. R., Alencar, A. A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., Ferreira, L. G., Souza-Filho, P. W. M., de Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., Weber, E. J., … Azevedo, T. (2020). Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, *12*(17), 2735. https://doi.org/10.3390/rs12172735

Souza, C. A., Oliveira-Junior, E. S., & Hacon, S. S. (2024). Serviços ecossistêmicos da Amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Geografia Física*, *17*(1), 178–198. https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.1.p178-198

Tambosi, L. R., Vidal, M. M., & Ferraz, S. F. B. (2015). Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. *Estudos Avançados*, *29*(84), 151–162. https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200010

Tucci, C. E. M. (1999). *Inundações urbanas*. ABRH/RHAMA.

Vera, E., Cruz, C., Barboza, E., Salazar, W., Canta, J., Salazar, E., Vásquez, H. V., & Arbizu, C. I. (2024). Change of vegetation cover and land use of the Pómac Forest Historical Sanctuary in northern Peru. *International Journal of Environmental Science and Technology*. https://doi.org/10.1007/s13762-024-05597-6

Vieira, T. H. N. D., & Sartorello, R. (2020). Estrutura da paisagem e mecanismos legais: Integração de leis na conservação da Mata Atlântica em Mogi das Cruzes, SP. *Revista Científica UMC*. https://seer.umc.br/index.php/revistaumc/article/view/1379

Vukeya, L. R., Mokotjomela, T. M., Malebo, N. J., Smith, D. A. E., & Oke, S. (2023). The vegetation cover dynamics and potential drivers of habitat change over 30 years in the Free State National Botanical Garden, South Africa. *Regional Environmental Change*, *23*, 24. https://doi.org/10.1007/s10113-022-02024-9 https://doi.org/10.1007/s10113-022-02024-9

Weber, C. J., Martins, F. C. H. H., Neppel, G., Junqueira, M. E. G., de Oliveira, R. P., & Cidade, F. W. (2021). Mata Atlântica: Da formação original à fragmentação e o atual estado de conservação em Santa Catarina. *Estrabão*, *2*, 45. https://doi.org/10.53455/re.v2i.45