

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (PPGBAN)**

MARCILENE BORSONELLI

**O IMPACTO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA NA CONSERVAÇÃO DA MATA
ATLÂNTICA E SUAS IMPLICAÇÕES NO HABITAT DE MARSUPIAIS**

VITÓRIA - ES

2024

MARCILENE BORSONELLI

**O IMPACTO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA NA CONSERVAÇÃO DA MATA
ATLÂNTICA E SUAS IMPLICAÇÕES NO HABITAT DE MARSUPIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas na área de concentração Biologia Animal.

Orientadora: Dra. Ana Carolina Loss

VITÓRIA - ES

2024

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

B738i Borsonelli, Marcilene, 1994-
O impacto da legislação brasileira na conservação da Mata Atlântica e suas implicações no habitat de marsupiais / Marcilene Borsonelli. - 2024.
43 p. : il.

Orientadora: Ana Carolina Loss.
Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Conservação da Biodiversidade. 2. Legislação. 3. Mata Atlântica. 4. Marsupiais. I. Loss, Ana Carolina. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 57

Marcilene Borsonelli

**O IMPACTO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA NA CONSERVAÇÃO DA MATA
ATLÂNTICA E SUAS IMPLICAÇÕES NO HABITAT DE MARSUPIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Biologia Animal.

Aprovada em 30 de outubro de 2024.

Comissão Examinadora:

Profª Drª Ana Carolina Loss (UFES)
Orientadora e Presidente da Comissão

Prof Dr Sérgio Lucena Mendes (UFES)
Examinador Interno

Profª Drª Lena Geise (UERJ)
Examinadora Externa



Agradecimentos

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal (PPGBAN) e ao Laboratório de Mastozoologia e Biogeografia (LAMAB), pela infraestrutura e suporte que foram essenciais para a minha formação.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento integral do projeto, garantindo a minha permanência no curso.

Ao ICMBio e ao projeto MapBiomias, pela disponibilização dos dados que foram cruciais para a realização desta pesquisa.

À minha orientadora, Ana Carolina Loss, por tornar esta experiência prazerosa e enriquecedora, me ajudando a enxergar cada desafio como uma oportunidade de aprendizado e crescimento.

À Mariella Butti, por compartilhar seus conhecimentos, me auxiliando com muita dedicação e paciência.

Aos meus tutores, Paloma Marques Santos e Yuri Luiz Reis Leite, pela atenção e empenho ao contribuir com sugestões que foram essenciais para o avanço desta pesquisa.

À banca examinadora, Sérgio Lucena Mendes, Lena Geise, Gabriel Santos e Roberta Paresque, por sua disposição em revisar este trabalho e pelas considerações que certamente contribuirão de maneira significativa.

Por último e não menos importante, agradeço a minha família e amigos, em especial ao Gustavo, meu companheiro de vida, que me incentivou a embarcar nesta jornada e me deu todo o suporte necessário durante este tempo.

Agradeço a todos que de certa forma contribuíram não apenas para conclusão deste trabalho, mas para a minha formação.

“Até 2050, a biodiversidade é valorizada, conservada, restaurada e utilizada com sabedoria, mantendo os serviços ecossistêmicos, sustentando um planeta saudável e entregando benefícios essenciais para todas as pessoas.”

Conferência das Partes, 2022

Resumo

A Mata Atlântica é classificada como Patrimônio Nacional pela Constituição Federal brasileira, sendo protegida pela Lei da Mata Atlântica e a Lei de Proteção da Vegetação Nativa. No entanto, esse ecossistema se encontra cada vez mais fragmentado, o que afeta diretamente os mamíferos que habitam essa região, como por exemplo, os marsupiais. Neste estudo, avaliamos o impacto da Constituição Federal, da Lei da Mata Atlântica e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa na proteção da Mata Atlântica e na conservação do habitat florestal de marsupiais. Utilizamos os mapas de uso e cobertura da terra do Projeto MapBiomias, considerando duas categorias de classes: “Cobertura Vegetal” e “Florestas”, e a extensão da Mata Atlântica de acordo com o Mapa de Aplicação da Lei e o Mapa de Biomas do Brasil. Houve perda de vegetação entre 1985 a 2022, sendo a área não contemplada no Mapa de Biomas a região mais suscetível ao desmatamento, apresentando uma redução de 11,9% de Cobertura Vegetal e 21,6% de Florestas. Após a promulgação das leis, a área de vegetação aumentou ou se manteve estável, o que destaca a importância da legislação para a conservação da Mata Atlântica, principalmente a Lei da Mata Atlântica, que demonstrou ser mais efetiva. Das 13 espécies de marsupiais analisadas, duas apresentaram ganho de habitat: *Marmosops paulensis* (+1,7%) e *Monodelphis pinocchio* (+0,8%). Dentre as demais, *Monodelphis americana* (-16,5%), *Cryptonanus guahybae* (-10,7%) e *Lutreolina crassicaudata* (-10,6%) apresentaram as maiores taxas de perda. No geral, as espécies que possuem menor área de ocorrência dentro da Mata Atlântica apresentaram maior perda de habitat florestal.

Palavras-chave: Lei da Mata Atlântica; Lei de Proteção da Vegetação Nativa; biodiversidade; perda de habitat; mamíferos.

Abstract

The Atlantic Forest is classified as a National Heritage Site by the Brazilian Federal Constitution, and is protected by the Atlantic Forest Law and the Native Vegetation Protection Law. However, this ecosystem is becoming increasingly fragmented, which directly affects the mammals that inhabit this region, such as marsupials. In this study, we evaluated the impact of the Federal Constitution, the Atlantic Forest Law and the Native Vegetation Protection Law on the protection of the Atlantic Forest and the conservation of marsupial forest habitat. We used land use and land cover maps from the MapBiomas Project, considering two categories of classes: "Vegetation Cover" and "Forests", and the extent of the Atlantic Forest according to the Law Enforcement Map and the Map of Brazilian Biomes. There was a loss of vegetation between 1985 and 2022, with the area not included in the Biomes Map being the region most susceptible to deforestation, showing a reduction of 11.9% in Vegetation Cover and 21.6% in Forests. After the enactment of the laws, the area of vegetation increased or remained stable, which highlights the importance of legislation for the conservation of the Atlantic Forest, especially the Atlantic Forest Law, which proved to be more effective. Of the 13 marsupial species analyzed, two showed a gain in habitat: *Marmosops paulensis* (+1.7%) and *Monodelphis pinocchio* (+0.8%). Among the others, *Monodelphis americana* (-16.5%), *Cryptonanus guahybae* (-10.7%) and *Lutreolina crassicaudata* (-10.6%) showed the highest rates of loss. In general, the species with the smallest areas of occurrence in the Atlantic Forest showed the greatest loss of forest habitat.

Keywords: Atlantic Forest Law; Native Vegetation Protection Law; biodiversity; habitat loss; mammals.

Lista de figuras

- Fig. 1** Extensão da Mata Atlântica de acordo com a Lei da Mata Atlântica (Lei nº11.428/2006) e o Mapa de Biomas do Brasil.17
- Fig. 2** Área de Cobertura Vegetal da Mata Atlântica, entre 1985 a 2022, de acordo com o mapa da Lei da Mata Atlântica (Lei nº11.428/2006) e o Mapa de Biomas do Brasil. Também estão representadas as porcentagens dos remanescentes em relação a área total original sensu lei e sensu bioma. As linhas tracejadas indicam o ano de promulgação da Constituição Federal (CF), da Lei da Mata Atlântica (LMA) e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN).20
- Fig. 3** Área de Florestas da Mata Atlântica, entre 1985 a 2022, de acordo com o mapa da Lei da Mata Atlântica (Lei nº11.428/2006) e o Mapa de Biomas do Brasil. Também estão representadas as porcentagens dos remanescentes em relação a área total original sensu lei e sensu bioma. As linhas tracejadas indicam o ano de promulgação da Constituição Federal (CF), da Lei da Mata Atlântica (LMA) e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN).21
- Fig. 4** Área de Cobertura Vegetal e Florestas da Mata Atlântica, entre 1985 a 2022, na Área exclusiva sensu lei. As linhas tracejadas indicam o ano de promulgação da Constituição Federal (CF), da Lei da Mata Atlântica (LMA) e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN).22
- Fig. 5** Perda e ganho de habitat florestal das espécies de marsupiais da Mata Atlântica entre 1985 a 2022 e nos períodos após a promulgação da Constituição Federal (1988-1993), da Lei da Mata Atlântica (2006-2011) e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012-2017).23
- Fig. 6** Dinâmica do habitat florestal da espécie *Monodelphis americana*, entre 1985 a 2022, representando as áreas de perda e ganho de vegetação, bem como, as áreas onde a vegetação se manteve estável durante esse período.24

Fig. 7 Dinâmica do habitat florestal da espécie *Cryptonanus guahybae*, entre 1985 a 2022, representando as áreas de perda e ganho de vegetação, bem como, as áreas onde a vegetação se manteve estável durante esse período.24

Fig. 8 Dinâmica do habitat florestal da espécie *Lutreolina crassicaudata*, entre 1985 a 2022, representando as áreas de perda e ganho de vegetação, bem como, as áreas onde a vegetação se manteve estável durante esse período.25

Lista de siglas

APP – Áreas de Preservação Permanente

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CDB – Convenção sobre Diversidade Biológica

GEE – Google Earth Engine

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IUCN – União Internacional para Conservação da Natureza

LULC – Mapas de uso e cobertura da terra

PRA – Programa de Regularização Ambiental

RL – Reserva Legal

SALVE – Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade

Sumário

1	Introdução.....	13
2	Metodologia	16
2.1	Região de estudo.....	16
2.2	Estimativa de Cobertura Vegetal e Florestas.....	17
2.3	Estimativa de perda de habitat florestal de marsupiais.....	18
3	Resultados	19
3.1	Estimativa de Cobertura Vegetal	19
3.2	Estimativa de Florestas	21
3.3	Vegetação na Área exclusiva <i>sensu</i> lei.....	22
3.4	Estimativa de perda de habitat florestal de marsupiais.....	23
4	Discussão	25
4.1	Cobertura Vegetal e Florestas.....	25
4.2	Estimativa de perda de habitat florestal de marsupiais.....	29
5	Conclusão	31
	Referências	32
	Apêndices	39

Aviso

O texto principal da presente dissertação foi elaborado com estrutura e formatação de acordo com as instruções da revista Biodiversity and Conservation (<https://link.springer.com/journal/10531/submission-guidelines>), para onde pretendemos submeter este trabalho para publicação.

1 Introdução

A biodiversidade é fundamental para o equilíbrio do nosso planeta, sendo ela responsável por sustentar todos os sistemas de vida na Terra (Scariot 2011). No entanto, as mudanças no uso da terra, que em sua maioria consistem no desmatamento (MapBiomas 2024a), tem contribuído com o declínio dessa biodiversidade em um ritmo acelerado (Giam 2017; Faria et al. 2023). Em virtude disso, inúmeros marcos legais foram aprovados no Brasil, visando principalmente a conservação de sua vegetação, que abriga a maior parte dessa biodiversidade (Ganem 2011).

Em 1934, foi aprovado o “Código Florestal” brasileiro (Decreto nº 23.793/1934), que considerava as florestas nacionais como de interesse social, visando evitar a exploração desenfreada (Brasil 1934). Essa versão vigorou até 1965, quando foi reformulada pela Lei nº 4.771, que trouxe a definição de duas áreas de proteção obrigatória: as Áreas de Preservação Permanente (APP) e as áreas de Reserva Legal (RL) (Brasil 1965). As APPs são áreas cobertas ou não por vegetação, cuja exploração é proibida, enquanto as RLs são áreas de vegetação nativa suscetíveis de exploração sustentável (Brasil 1965, 2012).

Em 25 de maio de 2012, após longos debates no Congresso Nacional, houve a promulgação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012), revogando a Lei nº 4.771 (Silva et al. 2016; Soares et al. 2019; Rodrigues e Matavelli 2020). Também conhecida como “novo Código Florestal brasileiro”, a Lei de Proteção da Vegetação Nativa estabelece normas para a proteção da vegetação brasileira, limitando o desmatamento e propondo a restauração de áreas desmatadas ilegalmente (Brasil 2012).

Considerado o bioma mais devastado do Brasil (Pinto et al. 2023), atualmente os remanescentes florestais da Mata Atlântica representam cerca de 23% de sua cobertura original (Vancine et al. 2024). Ela abriga uma grande variedade de espécies e possui elevado grau de endemismo, sendo considerada um *hotspot* mundial de biodiversidade (Myers et al. 2000).

A Mata Atlântica ocupa cerca de 15% do território nacional (Pinto et al. 2023) e está presente em 17 dos 27 estados do Brasil (IBGE 2008). Ela é responsável pela metade da produção de alimentos no País, abrigando cerca de 70% da população brasileira (Pinto et al. 2022; SOS Mata Atlântica 2024). Devido a sua importância, a Mata Atlântica é

considerada como Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988 (Brasil 2016), dando ao Poder Público, o dever de criar atos normativos que garantam a sua proteção para as gerações atuais e futuras (Varjabedian 2010).

Além do “Código Florestal”, a Mata Atlântica possui uma lei específica que estabelece normas para a utilização e proteção de sua vegetação. A Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) regulamenta o corte, a supressão e a exploração dos remanescentes de vegetação nativa, considerando o tipo de vegetação (primária ou secundária), os estágios de regeneração da vegetação secundária (inicial, médio ou avançado), a sua localização (rural ou urbana), dentre outros fatores (Brasil 2006).

Ainda que a legislação brasileira tenha desempenhado um papel importante na conservação da Mata Atlântica, reduzindo significativamente o desmatamento nas últimas décadas, cerca de 97% de seus remanescentes se encontram em pequenos fragmentos isolados (< 50ha), o que afeta toda a sua biodiversidade (Vancine et al. 2024). Embora algumas espécies respondam de maneira mais lenta a perda e a fragmentação de seu habitat (Melo 2023), essas ameaças constituem um dos principais desafios para a conservação da biodiversidade atualmente (ICMBIO 2024). Por exemplo, um estudo realizado por Crooks e colaboradores (2017), revelou que mamíferos cujo habitat apresenta maior grau de fragmentação correm maior risco de extinção. Por outro lado, um estudo recente revela que a perda de habitat de espécies de mamíferos ocorre independente da categoria de ameaça, chamando atenção para a necessidade de olhar com cuidado também para espécies classificadas como não ameaçadas (Butti et al. 2022).

Mais de 45.300 espécies estão ameaçadas no mundo e cerca de 26% correspondem a espécies de mamíferos (IUCN 2024). Para classificar uma espécie como ameaçada, ela deve cumprir com no mínimo um dos cinco critérios definidos pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN), que consideram informações como o tamanho populacional, a distribuição geográfica, o uso do habitat e as principais ameaças (IUCN 2022). Dois desses critérios (critério A e B), permitem a classificação da espécie a partir da estimativa da perda de seu habitat, sendo uma importante estratégia utilizada para

categorizar uma espécie na ausência de informações como o declínio de sua população (Brooks et al. 2019; IUCN 2022).

Pequenos mamíferos, como os marsupiais da América do Sul, atuam como dispersores de sementes, desempenhando um papel importante no funcionamento dos ecossistemas, além de serem considerados bons indicadores de alterações de paisagem (Pardini e Umetsu 2006; Cáceres e Lessa 2012; Vale et al. 2023). Entretanto, a maioria das espécies possuem hábito noturno e são difíceis de avistar, o que limita o estudo sobre sua ecologia e dificulta a sua categorização quanto ao risco de extinção (Faria et al. 2019; ICMBIO 2024).

Atualmente, 62 espécies de marsupiais são encontradas no Brasil, sendo todas pertencentes à família Didelphidae (Faria et al. 2019). Cerca de 27 dessas espécies ocorrem nos diferentes estratos florestais da Mata Atlântica e algumas delas apresentam distribuição ampla, sendo encontradas em paisagens conservadas e alteradas, tanto de florestas primárias quanto secundárias (Vieira e Ferreira Camargo 2012; Faria et al. 2019; ICMBIO 2024). Contudo, a maioria das espécies de marsupiais da Mata Atlântica é considerada especialista em florestas, sendo afetadas pelo desmatamento, que comprometem a integridade e funcionalidade de seu habitat (Melo 2022).

Dessa forma, o estudo sobre a eficiência da legislação na proteção da Mata Atlântica se torna importante, tanto para a sobrevivência e persistência dos marsupiais, como também, para a conservação de toda a sua rica biodiversidade. É válido destacar ainda, que o Brasil assumiu compromissos em diversas convenções e acordos internacionais, como a Convenção sobre Diversidade Biológica - CDB, na qual assumiu o compromisso de cumprir os objetivos e metas do Marco Global de Kunming-Montreal, que visa deter e reverter a perda da biodiversidade (Brasil 2024). Diante disso, no presente estudo buscamos verificar se a legislação brasileira: (i) é efetiva na proteção da Mata Atlântica; e (ii) garante a conservação do habitat florestal de marsupiais.

2 Metodologia

2.1 Região de estudo

De acordo com a Lei da Mata Atlântica, fazem parte deste domínio as formações florestais nativas e ecossistemas associados, como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste (Brasil 2006). No entanto, a delimitação do Mapa de Aplicação da Lei do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE 2008) difere do limite estipulado pelo Mapa de Biomas do Brasil, elaborado pelo mesmo instituto (Brasil 2019), o que pode gerar dúvidas durante o planejamento de ações que visam a sua conservação (Muylaert et al. 2018; Cunha et al. 2019).

Para verificar a influência dessa divergência nas estimativas dos remanescentes de vegetação, foram utilizadas as duas delimitações territoriais: a extensão definida pelo Mapa de Aplicação da Lei (com 130.993.274 ha) e a delimitação de acordo com o Mapa de Biomas do Brasil (com 110.680.700 ha) (Fig. 1). Utilizamos o termo “*sensu lei*” para se referir ao Mapa de Aplicação da Lei e “*sensu bioma*” para se referir ao Mapa de Biomas do Brasil. A camada vetorial (*shapefile*) do mapa *sensu lei* foi obtida na plataforma do Projeto MapBiomas¹ e do mapa *sensu bioma* no site do IBGE². Todas as análises espaciais foram feitas utilizando o Datum oficial do Brasil, SIRGAS 2000 com coordenadas geográficas (EPSG 4674).

Também analisamos separadamente a região que corresponde à diferença entre a área do mapa *sensu lei* e a área do mapa *sensu bioma*, a fim de verificar se essa região é mais vulnerável ao desmatamento. Esta área apresenta 20.312.574 hectares e a denominamos como “Área exclusiva *sensu lei*”.

¹ <https://production.alerta.mapbiomas.org/geoserver/web/wicket/bookmarkable/org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage?0&filter=false>

² <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/15842-biomas.html>

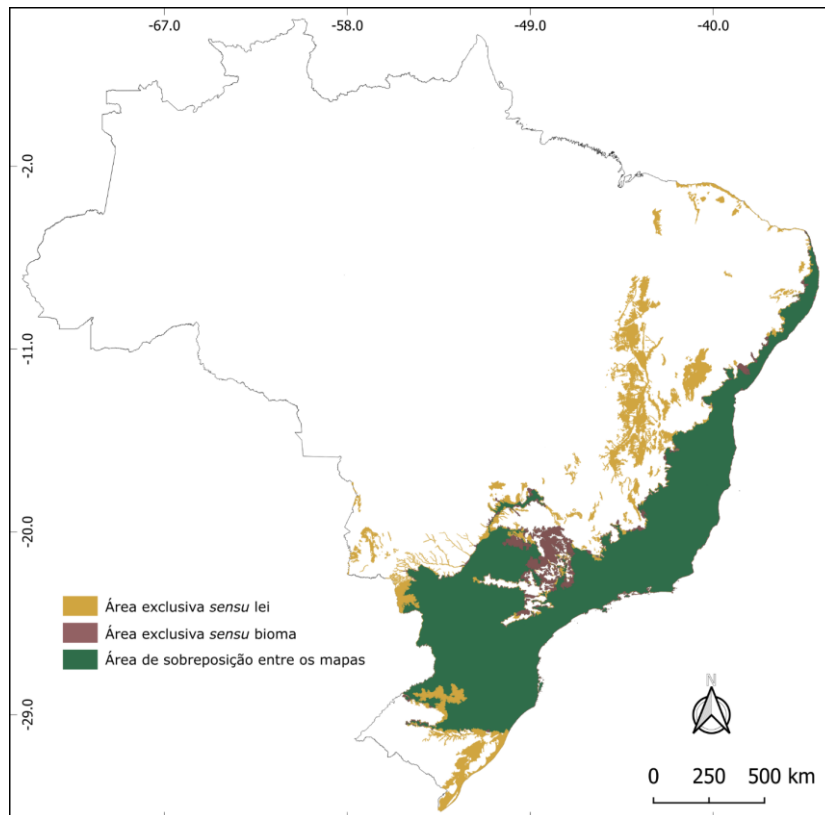


Fig. 1 Extensão da Mata Atlântica de acordo com a Lei da Mata Atlântica (Lei n°11.428/2006) e o Mapa de Biomas do Brasil.

2.2 Estimativa de Cobertura Vegetal e Florestas

Atualmente, o monitoramento e a conservação de áreas florestais têm sido facilitados pelo uso de imagens de satélites (Branco et al., 2022; SOS Mata Atlântica e INPE, 2022). Em especial, o Projeto MapBiomas é uma plataforma gratuita, não governamental e de fácil acesso, que tem contribuído com diversos estudos que visam a proteção de áreas mais impactadas ou áreas que sejam consideradas de maior importância ambiental (Maurano e Escada 2019; Sacramento et al. 2020; Souza et al. 2020; Rosa et al. 2021; Butti et al. 2022; MapBiomas 2024a; Vancine et al. 2024).

Para analisar a dinâmica da vegetação da Mata Atlântica ao longo do tempo e verificar o impacto dos principais marcos legais que visam a proteção de sua vegetação, utilizamos os mapas de uso e cobertura da terra (LULC) com resolução espacial de 30m, produzidos

pelo Projeto MapBiomas - Coleção 8 (<https://mapbiomas.org/>) durante o período de 1985 a 2022. Analisamos o intervalo de tempo de cinco anos subsequentes à promulgação da Constituição Federal (1988-1993), da Lei da Mata Atlântica (2006-2011) e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012-2017), a fim de padronizar os períodos.

Consideramos duas categorias de classes do MapBiomas. A primeira delas é mais ampla, incluindo todos os tipos de vegetação dentro das classes de Floresta e Formação Natural não Florestal. Essa categoria foi denominada como “Cobertura Vegetal”, sendo composta por Formação Florestal, Formação Savânica, Mangue, Restinga Arbórea e Herbácea, Campo Alagado, Formação Campestre, Apicum, Afloramento Rochoso e Outras Formações não Florestais. A segunda categoria inclui apenas a classe de Formação Florestal, sendo denominada como “Florestas”. Utilizamos o *script* desenvolvido pelo MapBiomas para calcular a área de Cobertura Vegetal e Florestas dentro da plataforma Google Earth Engine (GEE). As estimativas de perda e ganho de vegetação foram realizadas de acordo com Butti e colaboradores (2022), pela seguinte equação:

$$\% \text{ de perda ou ganho de vegetação} = \left[1 - \left(\frac{\text{área inicial}}{\text{área final}} \right) \right] * 100$$

Consideramos como área inicial e final, a área total de vegetação em 1985 e 2022, a fim de verificar a dinâmica da Cobertura Vegetal e Florestas ao longo dos anos, em 1988-1993, em 2006-2011 e em 2012-2017, para analisar o efeito da Constituição Federal, da Lei da Mata Atlântica e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa, respectivamente.

2.3 Estimativa de perda de habitat florestal de marsupiais

A lista de espécies de marsupiais brasileiros e sua área de distribuição foram obtidos a partir do Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade (SALVE; ICMBIO, 2024). Essa área consiste em um polígono definido por registros de ocorrência, ajustado conforme informações conhecidas sobre a distribuição da espécie (ICMBIO 2024). Para verificar quais espécies ocorrem na Mata Atlântica, cruzamos esses dados de distribuição com os dados vetoriais da Mata Atlântica *sensu* lei. Informações sobre a história natural e habitat também foram obtidas pela plataforma do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e da literatura (Faria et al. 2019; ICMBIO 2024).

Utilizamos o programa QGis (Qgis Development Team, 2024) para calcular a área total do polígono de distribuição de cada espécie, bem como, a porcentagem de Mata Atlântica dentro dessa área. Consideramos as espécies que possuem no mínimo 50% de sua área de ocorrência dentro da Mata Atlântica *sensu* lei (Apêndices 1 e 2), a fim de identificar e priorizar as espécies que possivelmente são mais afetadas. As espécies analisadas e o percentual de Mata Atlântica dentro de sua área de ocorrência foram: *Cryptonanus guahybae* (87,4%), *Didelphis aurita* (72,7%), *Gracilinanus microtarsus* (79,1%), *Lutreolina crassicaudata* (58,9%), *Marmosa paraguayana* (80,4%), *Marmosops incanus* (63,8%), *Marmosops paulensis* (99,3%), *Monodelphis americana* (53,6%), *Monodelphis dimidiata* (88,5%), *Monodelphis iheringi* (99,5%), *Monodelphis pinocchio* (99,8%), *Monodelphis scalops* (93,9%) e *Philander quica* (87,4%).

Para estimar a perda de habitat florestal, utilizamos os mapas LULC do MapBiomas de 1985 a 2022, considerando apenas a classe de Formação Florestal (“Florestas”). Os cálculos de área também foram realizados dentro do GEE, através do *script* do MapBiomas, e as estimativas de perda e ganho de habitat foram realizadas pela mesma equação, considerando os mesmos períodos adotados anteriormente. Por fim, utilizamos o *script* desenvolvido por Butti e colaboradores (2022) para gerar imagens da dinâmica do habitat das espécies mais afetadas entre 1985 a 2022.

3 Resultados

De modo geral, nossas análises demonstram que a Lei da Mata Atlântica e a Lei de Proteção da Vegetação Nativa são instrumentos importantes para a proteção da Mata Atlântica e para a conservação do habitat florestal das espécies de marsupiais que ocorrem nesse domínio, sendo a Lei da Mata Atlântica o marco legal mais efetivo.

3.1 Estimativa de Cobertura Vegetal

Considerando o mapa *sensu* lei, observamos que a proporção de Cobertura Vegetal da Mata Atlântica ao longo do período de 1985 a 2022 diminuiu de 37% para 34% em relação à área total original *sensu* lei, representando uma redução de aproximadamente 3,8 milhões de hectares (cerca de 3,8 milhões de campos de futebol) (Fig. 2 e Tabela suplementar 1). No período após a promulgação da Constituição Federal (1988-1993),

foi registrada uma perda de cerca de 1,5 milhões de hectares (3,2%). No período seguinte a promulgação da Lei da Mata Atlântica (2006-2011), ocorreu um ganho de cerca de 188 mil hectares (0,4%) e após a promulgação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012-2017), a área de Cobertura Vegetal apresentou certa estabilidade, com uma perda de cerca de 36 mil hectares (0,08%).

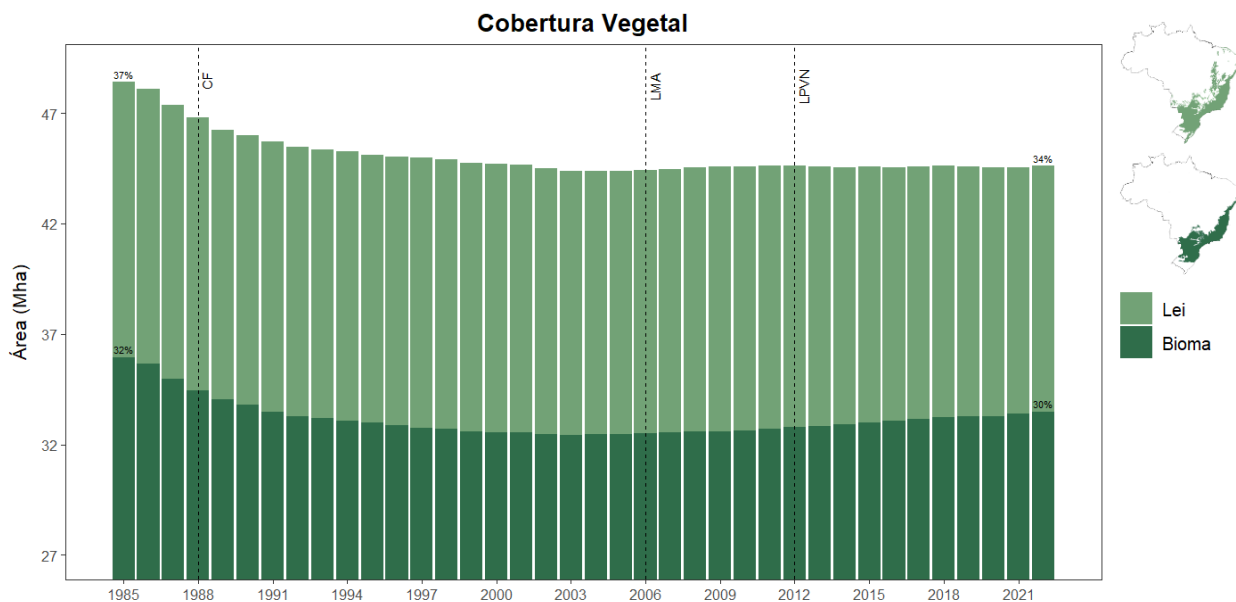


Fig. 2 Área de Cobertura Vegetal da Mata Atlântica, entre 1985 a 2022, de acordo com o mapa da Lei da Mata Atlântica (Lei nº11.428/2006) e o Mapa de Biomas do Brasil. Também estão representadas as porcentagens dos remanescentes em relação a área total original *sensu* lei e *sensu* bioma. As linhas tracejadas indicam o ano de promulgação da Constituição Federal (CF), da Lei da Mata Atlântica (LMA) e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN).

De acordo com o mapa *sensu* bioma, também houve uma redução na proporção de Cobertura Vegetal entre 1985 a 2022, diminuindo de 32% para 30% em relação a área total original *sensu* bioma (uma redução de aproximadamente 2,5 Mha). No período após a Constituição Federal, ocorreu uma perda de cerca de 1,3 milhões de hectares (3,8%), seguida por um ganho de cerca de 184 mil hectares (0,6%) no período após a Lei da Mata Atlântica, e um ganho de cerca de 377 mil hectares (1,1%) no período após a Lei de Proteção da Vegetação Nativa.

3.2 Estimativa de Florestas

Considerando o mapa *sensu* lei, entre 1985 a 2022, os remanescentes florestais da Mata Atlântica reduziram de 25% para 23% em relação à área total original *sensu* lei, o que representa uma perda de aproximadamente 2,3 milhões de hectares (Fig. 3 e Tabela suplementar 1). Após a Constituição Federal, foi registrada uma redução de cerca de 1 milhão de hectares (3,3%). Já no período após a promulgação Lei da Mata Atlântica, observamos um ganho de cerca de 292 mil hectares (1%), seguida de um ganho de cerca de 280 mil hectares (0,9%) no período após a Lei de Proteção da Vegetação Nativa.

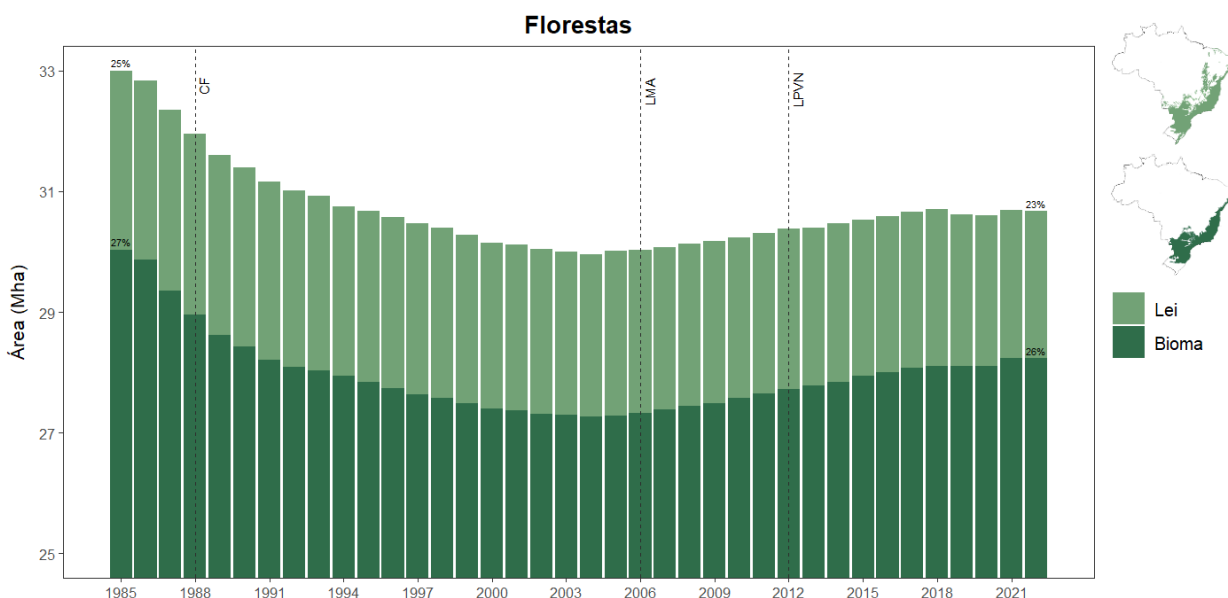


Fig. 3 Área de Florestas da Mata Atlântica, entre 1985 a 2022, de acordo com o mapa da Lei da Mata Atlântica (Lei nº11.428/2006) e o Mapa de Biomas do Brasil. Também estão representadas as porcentagens dos remanescentes em relação a área total original *sensu* lei e *sensu* bioma. As linhas tracejadas indicam o ano de promulgação da Constituição Federal (CF), da Lei da Mata Atlântica (LMA) e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN).

Também observamos uma redução dos remanescentes florestais considerando o mapa *sensu* bioma. Entre 1985 a 2022, a proporção de Florestas reduziu de 27% para 26% em relação à área total original *sensu* bioma (cerca de 1,8 Mha). Após a Constituição Federal, foi registrada uma perda de cerca de 920 mil hectares (3,3%), seguida por um ganho de cerca de 332 mil hectares (1,2%) após a Lei da Mata Atlântica, e um ganho de cerca de

350 mil hectares (1,2%) no período após a promulgação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa.

3.3 Vegetação na Área exclusiva *sensu lei*

Entre 1985 a 2022, foi registrada uma perda de cerca de 1,3 milhões de hectares de Cobertura Vegetal na área não contemplada no Mapa de Biomas do Brasil (Fig. 4), que representa cerca de 11,9% (Tabela suplementar 1). Após a Constituição Federal, foi observada uma redução de cerca de 181 mil hectares (1,5%), seguida de um ganho de cerca de 3,7 mil hectares (0,03%) no período após a promulgação da Lei da Mata Atlântica. Após a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, houve uma perda de cerca de 413 mil hectares (3,6%).

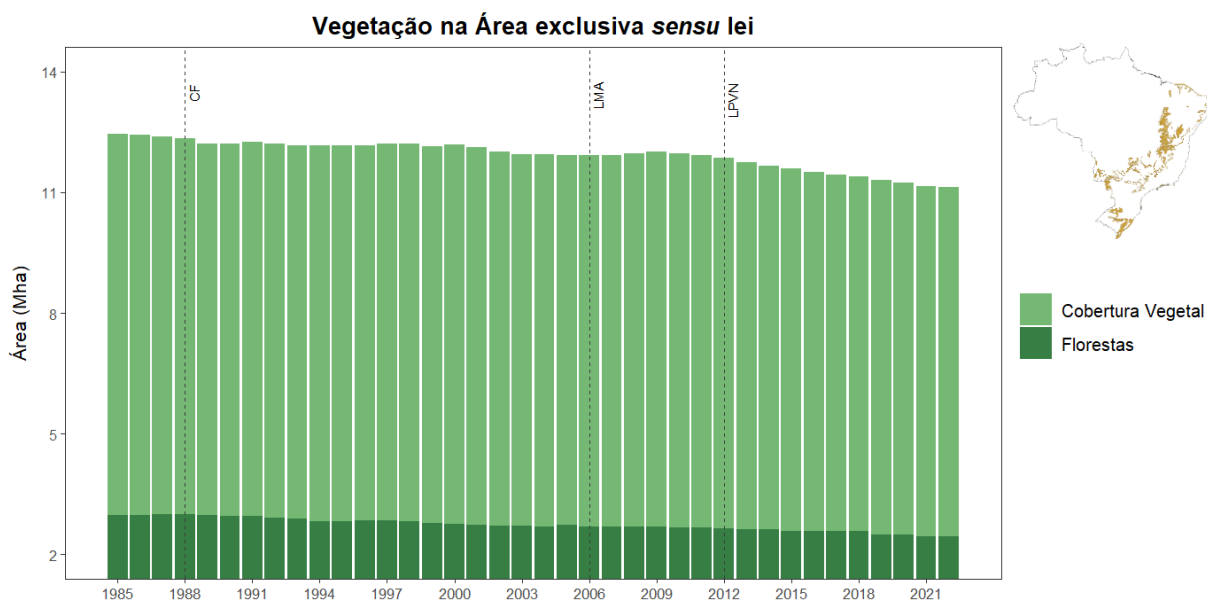


Fig. 4 Área de Cobertura Vegetal e Florestas da Mata Atlântica, entre 1985 a 2022, na Área exclusiva *sensu lei*. As linhas tracejadas indicam o ano de promulgação da Constituição Federal (CF), da Lei da Mata Atlântica (LMA) e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN).

Também registramos uma redução de cerca de 527 mil hectares de Florestas nessa área entre 1985 a 2022 (21,6%) (Fig. 4 e Tabela suplementar 1). No período após a promulgação da Constituição Federal, ocorreu uma perda de cerca de 109 mil de hectares (3,8%), seguida de uma redução de cerca de 40 mil hectares (1,5%) após a Lei

da Mata Atlântica e uma perda de cerca de 71 mil hectares (2,8%) após a Lei de Proteção da Vegetação Nativa.

3.4 Estimativa de perda de habitat florestal de marsupiais

Das treze espécies de marsupiais analisadas, onze apresentaram perda de habitat florestal dentro de sua área de ocorrência entre 1985 a 2022, sendo *Marmosops paulensis* e *Monodelphis pinocchio* as duas espécies que registraram ganho de habitat durante esse período (cerca de 1,7% e 0,8%, respectivamente) (Fig. 5 e Tabela suplementar 2).



Fig. 5 Perda e ganho de habitat florestal das espécies de marsupiais da Mata Atlântica entre 1985 a 2022 e nos períodos após a promulgação da Constituição Federal (1988-1993), da Lei da Mata Atlântica (2006-2011) e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012-2017).

As espécies que registraram os maiores percentuais de perda de habitat durante os 37 anos analisados foram *Monodelphis americana* (16,5%) (Fig. 6), *Cryptonanus guahybae* (10,7%) (Fig. 7) e *Lutreolina crassicaudata* (10,6%) (Fig. 8).

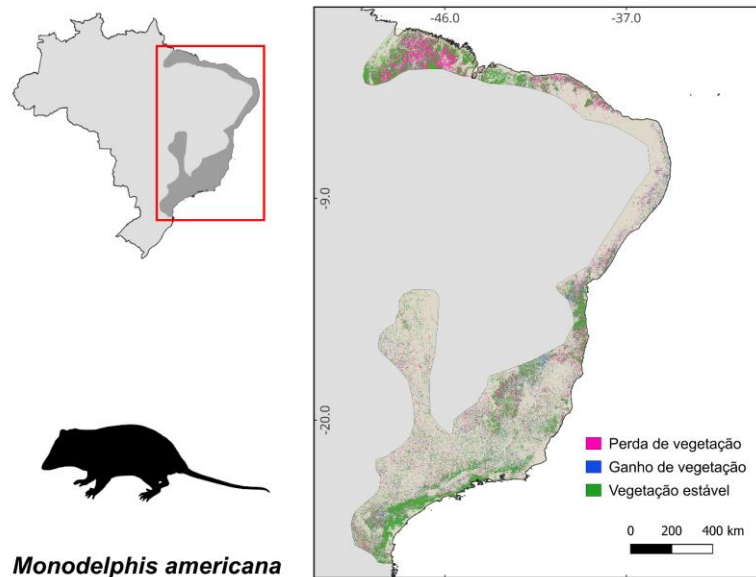


Fig. 6 Dinâmica do habitat florestal da espécie *Monodelphis americana*, entre 1985 a 2022, representando as áreas de perda e ganho de vegetação, bem como, as áreas onde a vegetação se manteve estável durante esse período.

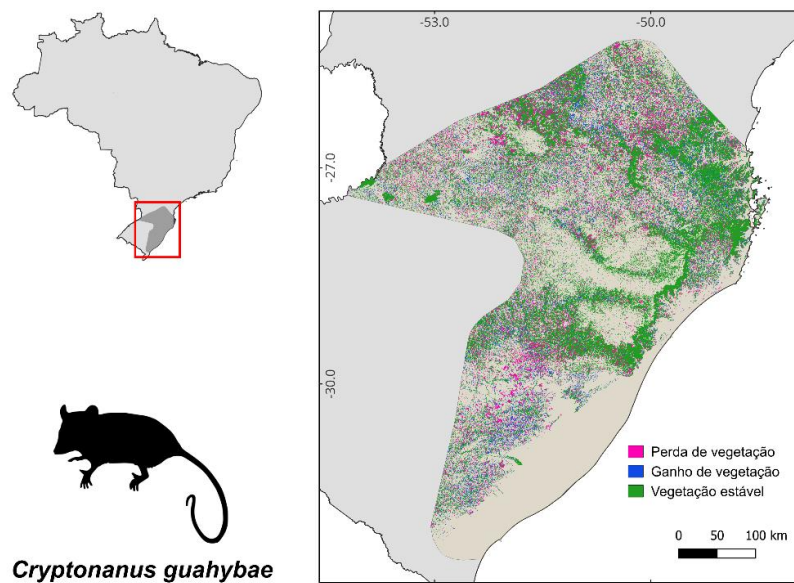


Fig. 7 Dinâmica do habitat florestal da espécie *Cryptonanus guahybae*, entre 1985 a 2022, representando as áreas de perda e ganho de vegetação, bem como, as áreas onde a vegetação se manteve estável durante esse período.

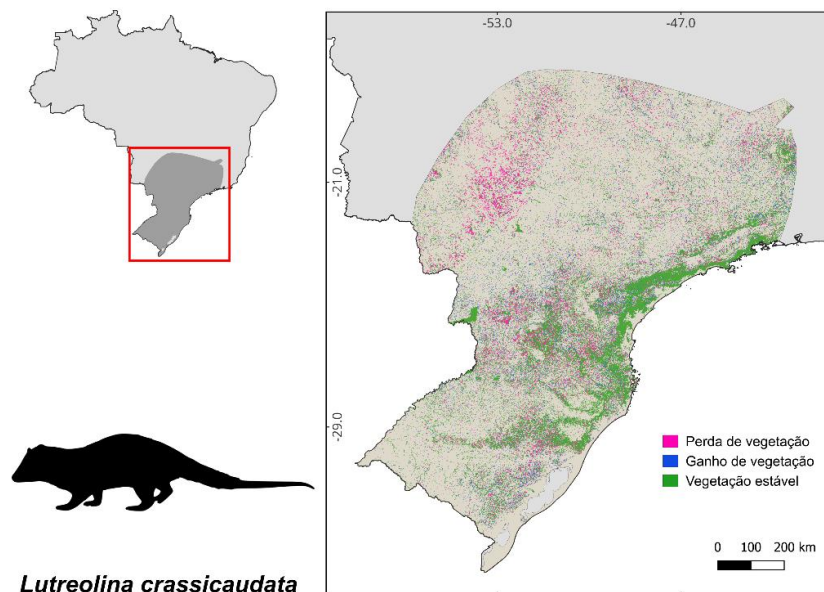


Fig. 8 Dinâmica do habitat florestal da espécie *Lutreolina crassicaudata*, entre 1985 a 2022, representando as áreas de perda e ganho de vegetação, bem como, as áreas onde a vegetação se manteve estável durante esse período.

Marmosops paulensis foi a única espécie que registrou ganho de habitat no período após a promulgação da Constituição Federal (0,03%) (Fig. 5). Após a Lei da Mata Atlântica, apenas *Monodelphis americana* registrou perda de habitat (0,5%) e no período após a promulgação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa, *Monodelphis americana* e *Cryptonanus guahybae* foram as espécies que registraram perda de habitat dentro de sua área de ocorrência (cerca 0,9% e 0,7%, respectivamente).

4 Discussão

4.1 Cobertura Vegetal e Florestas

A pequena perda proporcional dos remanescentes da Mata Atlântica observada durante as últimas quase quatro décadas pode ser explicada por todo o seu contexto de degradação, associado ao papel da legislação. Grande parte da vegetação da Mata Atlântica vem sendo devastada ao longo de mais de 500 anos e boa parte do que resta atualmente está presente em terras privadas (78%), que já possuem muitas áreas agrícolas bem estabelecidas, além de seus proprietários

serem obrigados a manter as exigências das áreas consideradas como APP e RL pelo “Código Florestal” (Sparovek et al. 2010; Faria et al. 2021).

Atualmente, restam cerca de 34% de Cobertura Vegetal e 23% de Florestas na Mata Atlântica *sensu* lei. No entanto, de acordo com o mapa *sensu* bioma, os remanescentes de Cobertura Vegetal e de Florestas representam cerca de 30% e 26%, respectivamente. Embora esses dados corroborem com estimativas recentes dos remanescentes da Mata Atlântica (Rezende et al. 2018; Vancine et al. 2024), eles devem ser utilizados com cautela, pois as estimativas variam de acordo com a delimitação utilizada e o tipo de vegetação considerado. Aqui consideramos todas as classes de vegetação primária e secundária, tanto as florestais quanto as não florestais, para uma análise mais abrangente.

No período após implementação da Lei da Mata Atlântica (2006-2011), ocorreu um ganho de vegetação considerando ambos os limites, o que demonstra a importância desse marco legal para a proteção e conservação deste domínio. No entanto, um estudo realizado por Rosa e colaboradores (2021) verificou que a perda de florestas primárias da Mata Atlântica, observada após o ano de 2005, foi ocultada pelo ganho de florestas secundárias registrado nesse mesmo período. Portanto, embora as metas de redução do desmatamento tenham sido alcançadas, houve a substituição de florestas mais antigas por florestas mais jovens (Rosa et al. 2021). Sendo assim, é fundamental considerar a idade das florestas em estimativas de vegetação da Mata Atlântica, para garantir o sucesso dos esforços de conservação, principalmente de florestas mais antigas (Rodrigues e Matavelli 2020).

Atualmente, a Mata Atlântica consiste predominantemente de vegetação secundária (Rezende et al. 2018; Vancine et al. 2024), e de acordo com o MapBiomas (2024a), cerca de 63% de seu desmatamento ocorre nesse tipo de vegetação, com cerca de 90% dos casos apresentando indícios de ilegalidade. O desmatamento de florestas secundárias reduz a oportunidade de consolidação da vegetação para o fornecimento de serviços ecossistêmicos importantes para o bem-estar humano (Rodrigues e Matavelli 2020), além de reduzir sua capacidade de auxiliar no

equilíbrio dos ecossistemas (Siminski et al. 2021) e garantir a conservação da biodiversidade (Brock et al. 2021).

De acordo com a Lei da Mata Atlântica, o desmatamento de vegetação secundária em estágios avançados é autorizado somente em caso de interesse público ou para fins sociais, devendo ser compensado (Brasil 2006). Porém, estudos indicam uma curta persistência de florestas jovens regeneradas, ou seja, boa parte delas não atingem seu estágio avançado (Piffer et al., 2022). Um dos fatores que contribuem para isso é a insuficiência de fiscalização, que no Brasil ainda enfrenta algumas limitações, como a falta de recurso financeiro (Reimer 2023). A falta de fiscalização desencoraja o cumprimento da legislação, afetando diretamente sua plena implementação e, conseqüentemente, sua eficácia (Reimer 2023).

No período após a implementação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012-2017), foi registrado um ganho de Florestas considerando ambos os limites. Por outro lado, houve uma pequena perda de Cobertura Vegetal de acordo com o mapa *sensu* lei e um ganho dessa vegetação de acordo com o mapa *sensu* bioma. Essa divergência pode ser explicada pela redução de Cobertura Vegetal na Área exclusiva *sensu* lei, que demonstrou ser uma região mais suscetível ao desmatamento, registrando perdas de Florestas em todos os períodos analisados.

O limite da Mata Atlântica *sensu* lei difere da extensão *sensu* bioma por ser mais abrangente, incluindo áreas do interior da região Nordeste, além de regiões que fazem parte do Pantanal e do Pampa no Mapa de Biomas do Brasil (Brasil 2019). Muylaert e colaboradores (2018) compararam diferentes delimitações da Mata Atlântica e concluíram que não é uma tarefa simples determinar qual delas é a mais apropriada. No entanto, destacamos a importância de utilizar o Mapa de Aplicação da Lei em estudos que visam a conservação da Mata Atlântica, pois além de ser mais amplo, é o instrumento utilizado na adoção de políticas públicas ambientais (Brasil 2008, 2019). Além disso, esse mapa está sendo atualizado pelo IBGE e em breve será divulgada uma nova versão que representará de maneira mais precisa a extensão desse domínio (Ministério Público Federal 2023).

A perda de vegetação na Área exclusiva *sensu* lei, bem como a perda observada no período após a implementação da Constituição Federal (1988-1993), quando o “Código Florestal” de 1965 também estava em vigor, confirmam que o “Código Florestal” é insuficiente para a conservação da Mata Atlântica, e conseqüentemente, para o cumprimento das metas de restauração (Faria et al. 2021). Além disso, nossos dados corroboram com estudos que afirmam que as mudanças adotadas na Lei de Proteção da Vegetação Nativa reduziram a proteção da Mata Atlântica e tornaram sua vegetação mais suscetível ao desmatamento, ao passo que reduziram as APPs e RLs e concederam anistia aos infratores (Soares-Filho et al. 2014; Rodrigues e Matavelli 2020).

De acordo com essa lei, os proprietários ou possuidores de imóveis rurais com áreas desmatadas ilegalmente antes de 22 de julho de 2008 (data do Decreto que regulamentou a Lei de Crimes Ambientais) devem aderir ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) (Brasil 2012). Ao assinar o termo de compromisso, ficam suspensas as infrações referentes a supressão ilegal de vegetação cometidas antes desta data, além da possibilidade de converter as multas em serviços que favorecem o meio ambiente (Brasil 2012). Essa redução da dívida ambiental provocou muitas críticas de ambientalistas, sendo vista como um afrouxamento na legislação (Rodrigues e Matavelli 2020).

Mudanças na legislação e atrasos na implementação de políticas públicas podem resultar em efeitos negativos para a conservação da biodiversidade (Stabile et al. 2020; Faria et al. 2021). Um exemplo é a Medida Provisória 1150, editada em 2022, que permitia o desmatamento de área preservadas da Mata Atlântica, bem como, de florestas em estágios avançados de regeneração, além de aumentar o prazo de inscrição dos imóveis rurais no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e a adesão dos proprietários ao PRA (Brasil 2022). Após muitos debates e manifestações, em 2023 a emenda virou lei (Lei 14.595/2023), sem os trechos que permitiam novos desmatamentos e ameaçavam a Mata Atlântica, mas com um novo prazo para a regularização dos imóveis rurais (Brasil 2023), prazo este que já havia sido estendido diversas outras vezes (SOS Mata Atlântica 2024).

4.2 Estimativa de perda de habitat florestal de marsupiais

No geral, as espécies de marsupiais que apresentaram maiores perdas de habitat florestal possuem uma menor proporção de área de ocorrência dentro da Mata Atlântica *sensu* lei. Por outro lado, aquelas que registraram ganho de vegetação ou menores taxas de perda, possuem maiores percentuais de sua área ocorrência dentro dessa região. Além disso, a única espécie que apresentou perda de habitat após a promulgação da Lei da Mata Atlântica possui quase metade (46,4%) de sua área de distribuição fora da Mata Atlântica, o que reforça o impacto positivo desse marco legal e demonstra que a Lei de Proteção da Vegetação Nativa não foi suficiente para garantir a proteção do habitat florestal dos marsupiais.

A Mata Atlântica é um dos principais centros de diversidade de marsupiais, cuja riqueza de espécies se distribui de maneira heterogênea por toda a sua extensão (Figueiredo e Grelle 2018). Atualmente, a maior diversidade de espécies de marsupiais da Mata Atlântica se concentra principalmente na região núcleo desse domínio (Delciellos et al. 2023), que, de acordo com nossas análises, é uma região mais protegida pela legislação. No entanto, estudos indicam uma perda de habitat climaticamente adequado para as espécies de marsupiais da Mata Atlântica nas próximas décadas, que afetará sua distribuição e aumentará seu nível de ameaça (Loyola et al. 2012; Evaldt et al. 2024). Portanto, a plena aplicação da Lei da Mata Atlântica e da Lei de Proteção da Vegetação Nativa é essencial para garantir a conservação do habitat dos marsupiais no presente e no futuro, protegendo tanto as áreas com alta riqueza de espécies e endemismo, como também, áreas altamente modificadas.

Após realizar projeções de mudanças no uso da terra, pesquisadores verificaram que a implementação integral da Lei de Proteção da Vegetação Nativa poderá resultar em ganho de habitat para diversas espécies de mamíferos entre 2010 e 2050 (Brock et al. 2021). Ganhar habitat não significa necessariamente que a espécie estará menos ameaçada, pois nem todas as espécies conseguem se adequar à floresta regenerada e se restabelecer (Rosa et al. 2021; Brock et al. 2021). Esse é o caso de *Monodelphis pinocchio*, que em nosso estudo registrou

ganho de vegetação entre 1985 a 2022, mas é classificada como Quase Ameaçada pelo ICMBio, por não ocorrer em toda a sua área de distribuição, estando restrita à floresta ombrófila densa de altitudes entre 700 m e 1500 m (ICMBIO 2024). O mesmo acontece com *Marmosops paulensis*, que é uma espécie capaz de viver em florestas primárias e secundárias, mas ocupa apenas 30% das áreas de florestas contínuas em sua extensão de ocorrência (ICMBIO 2024).

Das espécies que apresentaram as maiores taxas de perda de habitat florestal, *Monodelphis americana* é a mais vulnerável, por ser restrita às florestas maduras e incapaz de ocupar áreas abertas e alteradas (Rossi 2011; Püttker et al. 2012). Embora alguns pesquisadores considerem que *Cryptonanus guahybae* e *Lutreolina crassicaudata* possam sobreviver em ambientes alterados, a escassez de informações sobre sua ecologia podem influenciar a categorização dessas espécies quanto ao risco de extinção (Monteiro-Filho et al. 2006; Quintela et al. 2011; Faria et al. 2019; ICMBIO 2024).

No Brasil, o ICMBio é o órgão responsável por realizar as avaliações do estado de conservação da fauna brasileira (ICMBIO 2013). Um dos critérios utilizados para classificar uma espécie como ameaçada, o critério A, se baseia na redução populacional, que pode ser medida ou estimada de maneira indireta pela redução de seu habitat (IUCN 2022). O critério A considera que uma redução populacional (ou do habitat) de 30% ou mais em um período de 10 anos ou 3 gerações (o que for mais longo), classifica uma espécie como ameaçada (IUCN 2022).

Atualmente, as espécies de marsupiais que ocorrem na Mata Atlântica são classificadas como Menos Preocupante, exceto *Monodelphis pinocchio* (ICMBIO 2024). Consideramos que os dados aqui apresentados não são adequados para a mudança de seu *status* de ameaça, pois não avaliamos informações como a qualidade e o grau de fragmentação do habitat, que podem aumentar o grau de vulnerabilidade, principalmente considerando que a maioria das espécies são especialistas em florestas e necessitam de condições ambientais específicas para prosperar (Pardini et al. 2010; Faria et al. 2019). De qualquer modo, a perda de

habitat observada em nossas análises foi inferior ao limite estipulado pela IUCN para a mudança de categoria das espécies.

Nosso intuito é chamar a atenção para as espécies mais suscetíveis, a fim de direcionar esforços e estudos que visam a proteção dessas espécies e de seu habitat. Trabalhos futuros devem considerar as particularidades de cada espécie, para garantir que as estimativas de perda de habitat sejam precisas e possam contribuir com a sua categorização quanto ao risco de extinção.

5 Conclusão

A Lei da Mata Atlântica é o instrumento legal mais efetivo na proteção da Mata Atlântica e na conservação do habitat florestal de marsupiais. Sendo assim, o Brasil deve investir na capacidade de fiscalização e controle, garantindo sua plena implementação. Também é preciso assegurar o total cumprimento da Lei de Proteção da Vegetação Nativa, para que a legislação possa exercer efetivamente o seu papel na proteção e restauração da vegetação brasileira, a fim de que o País alcance os objetivos e metas propostos em acordos internacionais.

Consideramos que as espécies *Cryptonanus guahybae*, *Lutreolina crassicaudata* e *Monodelphis americana* demandam uma maior atenção em estudos futuros que visam a conservação dos marsupiais da Mata Atlântica, tendo em vista que essas espécies apresentaram os maiores percentuais de perda de habitat durante os 37 anos analisados.

Referências

- Branco AFVC, Lima PVPS, de Medeiros Filho ES, et al (2022) Avaliação da perda da biodiversidade na Mata Atlântica. *Ciência Florestal* 31:1885–1909. <https://doi.org/10.5902/1980509853310>
- Brasil (1934) Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Rio de Janeiro
- Brasil (1965) Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Brasília
- Brasil (2006) Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Brasília
- Brasil (2012) Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília
- Brasil (2016) Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília
- Brasil (2022) Medida Provisória nº 1150, de 23 de dezembro de 2022. Brasília
- Brasil (2023) Lei nº 14.595, de 05 de junho de 2023. Brasília
- Brasil (2024) Estratégia e Planos de Ação Nacionais para a Biodiversidade - EPANB. <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/sbio/departamento-de-conservacao-e-uso-sustentavel-da-biodiversidade/estrategia-e-planos-de-acao-nacionais-para-a-biodiversidade-epanb/caderno-de-resumos-epanb.pdf>. Accessed 12 Sep 2024
- Brock RC, Arnell A, Simonson W, et al (2021) Implementing Brazil's Forest Code: a vital contribution to securing forests and conserving biodiversity. *Biodivers Conserv* 30:1621–1635. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02159-x>
- Brooks TM, Pimm SL, Akçakaya HR, et al (2019) Measuring Terrestrial Area of Habitat (AOH) and Its Utility for the IUCN Red List. *Trends Ecol Evol* 34:977–986. <https://doi.org/10.1016/J.TREE.2019.06.009>
- Butti M, Pacca L, Santos P, et al (2022) Habitat loss estimation for assessing terrestrial mammalian species extinction risk: an open data framework. *PeerJ* 10:e14289. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.14289/SUPP-7>

- Cáceres NC, Lessa LG (2012) O Papel de Marsupiais na Dispersão de Sementes. In: Cáceres NC (ed) Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação, 2nd edn. Editora UFMS, Campo Grande, pp 405–423
- Crooks KR, Burdett CL, Theobald DM, et al (2017) Quantification of habitat fragmentation reveals extinction risk in terrestrial mammals. *Proc Natl Acad Sci U S A* 114:7635–7640. <https://doi.org/10.1073/pnas.170576911>
- Cunha ADA, Cruz CBM, Da Fonseca GAB (2019) Legal Atlantic Forest (Mata Atlântica Legal): integrating biogeography to public policies towards the conservation of the biodiversity hotspot. *Sustainability in Debate* 10:320–353. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v10n3.2019.27112>
- Delciellos AC, Prevedello JA, Figueiredo MSL, et al (2023) Species richness and endemism of marsupials in the Atlantic Forest: Spatial patterns and drivers. In: Cáceres NC, Dickman CR (eds) *American and Australasian Marsupials: An Evolutionary, Biogeographical, and Ecological Approach*. Springer International Publishing, pp 723–744
- Evaldt BH de C, Leite YLR, Loss AC (2024) Climate change impact on small mammals from two neotropical hotspots. *Biological Journal of the Linnean Society*. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blae014>
- Faria D, Morante-Filho JC, Baumgarten J, et al (2023) The breakdown of ecosystem functionality driven by deforestation in a global biodiversity hotspot. *Biol Conserv* 283:110126
- Faria VG de, De Mello K, Fernando L, et al (2021) O Código Florestal na Mata Atlântica. *Sustentabilidade em Debate*
- Faria MB, Lanes R de O, Bonvicino CR (2019) *Os marsupiais do Brasil: guia de identificação com base em caracteres morfológicos externos e cranianos*, 1st edn. Amélie editorial, São Caetano do Sul
- Figueiredo M de SL, Grelle CE de V (2018) Phylogenetic diversity as a key to understand mechanisms of new world marsupials diversification

- (Didelphimorphia: Didelphidae). *Oecologia Australis* 22:168–178.
<https://doi.org/10.4257/oeco.2018.2202.06>
- Ganem RS (2011) *Conservação da Biodiversidade Legislação e Políticas Públicas*, 2nd edn. Edições Câmara, Brasília
- Giam X (2017) Global biodiversity loss from tropical deforestation. *Proc Natl Acad Sci U S A* 114:5775–5777
- IBGE (2008) Mapa de Aplicação da Lei nº 11.428/2006. https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/lei11428_mata_atlantica.pdf. Accessed 14 Mar 2023
- IBGE (2019) Mapa de Biomas do Brasil. https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/biomas_e_sistema_costeiro_marinho_250mil.pdf. Accessed 14 Mar 2023
- ICMBIO (2024) Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE. <https://salve.icmbio.gov.br/#/>. Accessed 9 Jun 2024
- ICMBIO (2013) Aplicação de Critérios e Categorias da UICN na Avaliação da Fauna Brasileira. Versão 2.0
- IUCN (2024) The IUCN Red List of Threatened Species. In: Version 2024-1. <https://www.iucnredlist.org/>. Accessed 15 Mar 2023
- IUCN (2022) Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria
- Loyola RD, Lemes P, Faleiro F V., et al (2012) Severe Loss of Suitable Climatic Conditions for Marsupial Species in Brazil: Challenges and Opportunities for Conservation. *PLoS One* 7:e46257. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046257>
- MapBiomas (2024a) RAD2023: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023. São Paulo
- MapBiomas (2024b) Coleção [8] da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. <https://mapbiomas.org/>. Accessed 15 Mar 2023

- Maurano LEP, Escada MIS (2019) Comparação dos dados produzidos pelo PRODES versus dados do MapBiomas para o bioma Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Galoá, Santos, pp 735–738
- Melo GL (2023) Impact of habitat loss and fragmentation in didelphid marsupials of the Atlantic Forest. In: Cáceres NC, Dickman CR (eds) American and Australasian Marsupials: An Evolutionary, Biogeographical, and Ecological Approach. Springer International Publishing, pp 1395–1412
- Melo GL (2022) Impact of Habitat Loss and Fragmentation in Didelphid Marsupials of the Atlantic Forest. In: American and Australasian Marsupials. Springer International Publishing, Cham, pp 1–18
- Ministério Público Federal (2023) IBGE acata recomendação do MPF para atualizar mapa que mostra distribuição da Mata Atlântica no território brasileiro
- Monteiro-Filho ELA, Graipel ME, Cáceres NC (2006) História Natural da Cuíca-d'água *Chironectes minimus* e da cuíca-marrom *Lutreolina crassicaudata*. In: Cáceres NC, Monteiro-Filho ELA (eds) Os Marsupiais do Brasil: Biologia, Ecologia e Evolução, 1st edn. Editora UFMS, Campo Grande, pp 287–295
- Muylaert RL, Vancine H, Bernardo R, et al (2018) Uma nota sobre os limites territoriais da Mata Atlântica. *Oecologia Australis* 22:302–311. <https://doi.org/10.4257/oeco.2018.2203.09>
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, et al (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/35002501>
- Pardini R, de Bueno AA, Gardner TA, et al (2010) Beyond the fragmentation threshold hypothesis: Regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *PLoS One* 5:e13666. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013666>
- Pardini R, Umetsu F (2006) Pequenos mamíferos não-voadores da Reserva Florestal do Morro Grande: distribuição das espécies e da diversidade em uma

área de Mata Atlântica. *Biota Neotrop* 6. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032006000200007>

Piffer PR, Rosa MR, Tambosi LR, et al (2022) Turnover rates of regenerated forests challenge restoration efforts in the Brazilian Atlantic forest. *Environmental Research Letters* 17:045009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5ae1>

Pinto LFG, Ferreira J, Berenguer E, Rosa M (2023) Governance lessons from the Atlantic Forest to the conservation of the Amazon. *Perspect Ecol Conserv* 21:1–5. <https://doi.org/10.1016/J.PECON.2022.10.004>

Pinto LFG, Metzger JP, Sparovek G (2022) Produção de Alimentos na Mata Atlântica Desafios para uma agropecuária sustentável, saudável e com neutralização de carbono no bioma que é o maior produtor de alimentos no Brasil. *Relatórios anuais – SOS Mata Atlântica*. São Paulo

Püttker T, Martins TK, Bueno AA, et al (2012) Perda e fragmentação do habitat - um índice de vulnerabilidade baseado em padrões de ocupação. In: Cáceres NC (ed) *Os marsupiais do Brasil: Biologia, Ecologia e Conservação*, 2nd edn. Editora UFMS, Campo Grande, pp 455–470

QGIS DEVELOPMENT TEAM (2024) QGIS. <https://www.qgis.org>. Accessed 18 Aug 2024

Quintela FM, Santos MB, Gava A, Christoff AU (2011) Notas sobre morfologia, distribuição geográfica, história natural e citogenética de *Cryptonanus guahybae* (Didelphimorphia: Didelphidae). *Mastozool Neotrop* 18:247–257

Reimer KDC (2023) Análise Dos Impactos Socioambientais Provocados Pela Expansão Agrícola No Bioma Da Mata Atlântica. *ESG Law Review* 6:e01615. <https://doi.org/10.37497/esg.v6i1.1615>

Rezende CL, Scarano FR, Assad ED, et al (2018) From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspect Ecol Conserv* 16:208–214. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002>

- Rodrigues A do R, Matavelli CJ (2020) As principais alterações do Código Florestal Brasileiro. *Revista Brasileira de Criminalística* 10:64–71. <https://doi.org/10.15260/rbc.v10i1.471>
- Rosa MR, Brancalion PHS, Crouzeilles R, et al (2021) Hidden destruction of older forests threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. *Sci Adv* 7:eabc4547. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc4547>
- Rossi NF (2011) Pequenos mamíferos não-voadores do Planalto Atlântico de São Paulo: Identificação, história natural e ameaças. Dissertação, Universidade de São Paulo
- Sacramento IF, Michel RFM, Siqueira RG (2020) Análise bitemporal de áreas queimadas na Mata Atlântica. *Sociedade & Natureza* 32:565–577. <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-53339>
- Scariot A (2011) Panorama da biodiversidade brasileira. In: *Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas*, 2nd edn. Edições Câmara, Brasília, pp 111–130
- Silva APM, Sambuichi RHR, Marques HR (2016) Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implementação da nova lei. Ipea, Rio de Janeiro
- Siminski A, Zambiasi DC, dos Santos KL, Fantini AC (2021) Dynamics of Natural Regeneration: Implications for Landscape Restoration in the Atlantic Forest, Brazil. *Frontiers in Forests and Global Change* 4:576908. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.576908>
- Soares GR, Coimbra Borges LA, Moras Filho LO (2019) Flexibilizações do novo Código Florestal brasileiro em imóveis rurais às margens do Rio Grande. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 12:557–573. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019V12N2P557-573>
- Soares-Filho B, Rajão R, Macedo M, et al (2014) Cracking Brazil's Forest Code. *Science* (1979) 344:363–364. <https://doi.org/10.1126/science.1246663>
- SOS Mata Atlântica (2024) SOS Mata Atlântica. <https://www.sosma.org.br/>. Accessed 24 Jul 2023

- SOS Mata Atlântica, INPE (2022) Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período de 2020/2021. Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, São Paulo
- Souza CM, Shimbo JZ, Rosa MR, et al (2020) Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. *Remote Sens (Basel)* 12:2735. <https://doi.org/10.3390/RS12172735>
- Sparovek G, Berndes G, Klug ILF, Barretto AGOP (2010) Brazilian agriculture and environmental legislation: Status and future challenges. *Environ Sci Technol* 44:6046–6053. <https://doi.org/10.1021/es1007824>
- Stabile MCC, Guimarães AL, Silva DS, et al (2020) Solving Brazil's land use puzzle: Increasing production and slowing Amazon deforestation. *Land Use Policy* 91:104362. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104362>
- Vale MM, Vieira MV, Grelle CE V., et al (2023) Ecosystem services delivered by Brazilian mammals: spatial and taxonomic patterns and comprehensive list of species. *Perspect Ecol Conserv* 21:302–310. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2023.10.003>
- Vancine MH, Muylaert RL, Niebuhr BB, et al (2024) The Atlantic Forest of South America: Spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. *Biol Conserv* 291:110499. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2024.110499>
- Varjabedian R (2010) Lei da Mata Atlântica: Retrocesso ambiental. *Estudos Avançados* 24:147–160. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100013>
- Vieira EM, Ferreira Camargo N (2012) Uso do espaço vertical por marsupiais brasileiros. In: Cáceres NC (ed) *Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação*, 2nd edn. Editora da UFMS, Campo Grande, pp 345–362

Apêndices

Apêndice 1 – Percentual de Mata Atlântica dentro da área de ocorrência das espécies de marsupiais. O asterisco indica as espécies com mais de 50% de sua área de ocorrência na Mata Atlântica *sensu* lei.

Espécie	Área (km ²) total	Área (km ²) Mata Atlântica	% Mata Atlântica
<i>Caluromys lanatus</i>	4.923.810,01	474.089,54	9,6
<i>Caluromys philander</i>	4.411.852,68	644.817,97	14,6
<i>Chironectes minimus</i>	2.894.287,16	980.324,66	33,9
<i>Cryptonanus agricolai</i>	1.868.884,21	518.048,02	27,7
<i>Cryptonanus guahybae</i>	216.062,96	188.792,04	87,4*
<i>Didelphis albiventris</i>	4.473.031,89	1.114.493,85	24,9
<i>Didelphis aurita</i>	1.572.355,96	1.142.592,77	72,7*
<i>Gracilinanus agilis</i>	2.943.894,94	598.175,96	20,3
<i>Gracilinanus microtarsus</i>	1.201.598,84	950.526,43	79,1*
<i>Lutreolina crassicaudata</i>	1.316.980,30	775.478,88	58,9*
<i>Marmosa demerarae</i>	5.794.284,33	320.391,09	5,5
<i>Marmosa murina</i>	6.239.424,92	366.467,34	5,9
<i>Marmosa paraguayana</i>	1.022.456,87	821.612,65	80,4*
<i>Marmosops incanus</i>	951.054,91	606.428,17	63,8*
<i>Marmosops paulensis</i>	125.607,14	124.778,24	99,3*
<i>Metachirus myosuroides</i>	2.959.491,35	739.944,41	25,0
<i>Monodelphis americana</i>	1.049.043,34	562.539,71	53,6*
<i>Monodelphis dimidiata</i>	576.651,94	510.071,79	88,5*
<i>Monodelphis domestica</i>	2.935.357,03	344.059,60	11,7
<i>Monodelphis iheringi</i>	140.564,50	139.868,00	99,5*
<i>Monodelphis kunsii</i>	1.736.997,61	221.455,84	12,8
<i>Monodelphis pinocchio</i>	85.380,28	85.181,65	99,8*
<i>Monodelphis scalops</i>	420.380,95	394.568,66	93,9*
<i>Philander quica</i>	968.421,35	846.577,93	87,4*
<i>Thylamys karimii</i>	1.805.069,79	102.510,72	5,7
<i>Thylamys macrurus</i>	122.613,79	9.461,80	7,7
<i>Thylamys velutinus</i>	688.088,18	141.978,03	20,6

Apêndice 2 – Mapa de distribuição das espécies de marsupiais com mais de 50% de sua área de ocorrência na Mata Atlântica.

Cryptonanus guahybae



Didelphis aurita



Gracilinanus microtarsus



Lutreolina crassicaudata



Marmosa paraguayana



Marmosops incanus



Marmosops paulensis



Monodelphis americana



Monodelphis dimidiata



Monodelphis iheringi



Monodelphis scalops



Monodelphis pinocchio



Philander quica

