



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Comparação entre Inventário Florestal e MapBiomias para o Vale do Paraíba Paulista

Sofia Sena Tavares¹, João Pedro Branco Frazão², Vitor Vieira Vasconcelos³, Cassia Maria Gama Lemos⁴

¹Graduanda em Ciências e Humanidades na Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, CEP. 09606-045, São Paulo, Bolsista de Iniciação Científica no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, sena.tavares@aluno.ufabc.edu.br; ²Graduando em Ciências e Humanidades na Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, CEP. 09606-045, São Paulo, Bolsista de Iniciação Científica no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, joao.branco@aluno.ufabc.edu.br; ³Docente na Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, CEP. 09606-045, São Paulo, vitor.vasconcelos@ufabc.edu.br; ⁴Pesquisadora no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, CEP. 12227-010, São Paulo, cassia.lemos@inpe.br.

Artigo recebido em 12/08/2024 e aceito em 12/03/2025

RESUMO

O Vale do Paraíba Paulista (VPP), inserido no Bioma Mata Atlântica, é uma área de ocupação antiga que passa por um processo de transição florestal, sendo alvo de programas de restauração florestal. Existem diferentes classificações de uso e cobertura para o VPP, como as do Inventário Florestal e MapBiomias, que são usados neste estudo para investigar a divergência entre suas classes. O Inventário tem mapeamentos da cobertura vegetal nativa do Estado de São Paulo com legenda do IBGE. Já o MapBiomias um projeto de mapeamento anual do uso e cobertura da terra no Brasil. Com o *software* QGIS, as classificações são interseccionadas para identificar divergências, portanto, a área de estudo corresponde a vegetação nativa do Inventário Florestal lida como uso antrópico pelo MapBiomias. A tabela de intersecção foi exportada para cálculo de porcentagem. As classes do Inventário Florestal foram resumidas a vegetação nativa, sendo que 70,71% da classe de Mosaico de Usos (onde não é possível diferenciar pastagem de agricultura) e 19,99% da Pastagem do MapBiomias foram classificadas como vegetação nativa do Inventário. As outras classes são menos expressivas, mas apresentam divergências, inclusive Café com 0,97%. O processo inverso também foi realizado, estima-se que todas as classes do Inventário possuem Mosaico de Usos com maior porcentagem entre as classes de uso antrópico do MapBiomias, salvo Refúgio Ecológico com Pastagem. Sugere-se para próximas etapas deste estudo, a análise das assinaturas espectrais por imagens de satélite de 2020, bem como uma comparação com outras classificações existentes para melhores resultados.

Palavras-chave: Mudança de Uso e Cobertura da Terra; Restauração Florestal; Mata Atlântica.

Comparison between the Forest Inventory and Mapbiomias for the Paraíba Valley

ABSTRACT

The Paraíba Valley in São Paulo State (in Portuguese, Vale do Paraíba Paulista - VPP) is inserted in the Atlantic Forest Biome. It is an area of ancient occupation going through a forest transition process, being the target of forest restoration programs. There are different maps of land cover and use classification for the VPP, such as those of the Forest Inventory and MapBiomias. In this study, both are used to investigate the divergence between their classes. The Inventory has mappings of the native vegetation cover of the State of São Paulo with IBGE legend while the MapBiomias is an annual mapping project of land use and cover in Brazil. Using the QGIS software, the classifications are intersected to identify divergences. These divergences correspond to the native vegetation of the Forest Inventory that is read as anthropic use by MapBiomias. The intersection table was exported for percentage calculation and the Forest Inventory classes were summarized as native vegetation. Around 72% of the Mosaic of Uses class (where it is not possible to differentiate pasture from agriculture) and 20% of the MapBiomias Pasture were classified as native vegetation of the Inventory. The other classes are less expressive, but present divergences, including Coffee with 0.97%. The reverse process was also carried out, it is estimated that all classes in the Inventory have a Mosaic of Uses with the highest percentage among the anthropic use classes in MapBiomias, except Ecological Refuge with Pasture. For the next stages of this study, it is suggested to analyze spectral signatures using satellite images from 2020, as well as a comparison with other existing classifications for better results.

Keywords: Land Use and Cover Change; Forest Restoration; Atlantic Forest.

Introdução

A perda de vegetação gera consequências drásticas para a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, sobretudo pois pode implicar na perda de espécies endêmicas e no aumento de habitats isolados, ou seja, fragmentos florestais. No Brasil, é necessário que parte da propriedade agropecuária seja utilizada para manter a vegetação, todavia, a intensificação da agropecuária destrói

florestas antigas com altos potenciais de conservação, gerando um impacto negativo para a biodiversidade (Rosa et al, 2021).

A Mata Atlântica possui rica biodiversidade, mas vem sendo degradada desde a chegada europeia, no século XVI, agravando-se com a expansão agropecuária, industrialização e urbanização (Ribeiro et al., 2011). Possui apenas

12,4% de remanescentes florestais no Brasil (SOS Mata Atlântica/INPE, 2024).

A Lei da Mata Atlântica, Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, instituída pelo Decreto nº 6.660 de 2008, define o bioma, Art. 2º, a partir da classificação do IBGE, em que

contempla a configuração original das seguintes formações florestais nativas e ecossistemas associados: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual; campos de altitude; áreas das formações pioneiras, conhecidas como manguezais, restingas, campos salinos e áreas aluviais; refúgios vegetacionais; áreas de tensão ecológica; brejos interioranos e encraves florestais, representados por disjunções de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual; áreas de estepe, savana e savana-estépica; e vegetação nativa das ilhas costeiras e oceânicas.

As florestas tropicais, como a Mata Atlântica, possuem grande capacidade de regeneração, sendo fundamental para a estabilização das mudanças climáticas, redução da perda de biodiversidade e proteção das florestas intactas. O MapBiomas identificou uma perda de 31,2% de vegetação nativa do bioma Mata Atlântica entre 1987 a 2019, correspondendo a 10 milhões de ha, como também, identificou um crescimento de vegetação secundária de 29,2%, sendo mais de 9 milhões de ha (MapBiomas, 2021). Contudo, ainda há uma necessidade de melhorar a recuperação de florestas degradadas e direcionar esforços de conservação e planejamento do uso da terra em paisagens modificadas pelo ser humano, onde a regeneração natural tem mais probabilidade de sucesso (Williams, 2024). Neste contexto, a Mata Atlântica é alvo de iniciativas para proteção e restauração, como o Pacto de Restauração da Mata Atlântica, que busca restaurar 15 Mha de floresta até 2050 (Calmon et al., 2011).

Localizado no bioma de Mata Atlântica, o Vale do Paraíba Paulista (VPP) passa por uma transição florestal, ou seja, um momento de inflexão em que a regeneração passa a ser maior do que o desmatamento (Rudel, 1998; Silva et al., 2016). A formação florestal no VPP aumentou 3.467,24 ha entre 1985 a 2020, conforme dados do MapBiomas, pois perdeu áreas para silvicultura, mosaico agropecuário e pastagem, ao passo que ganhou quase a mesma quantidade de área ocupando áreas das classes de mosaico e pastagem.

Este processo de transição, torna o VPP uma área estratégica para atingir as metas de restauração da Mata Atlântica. Esta região é alvo de diferentes programas de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSAs), como o Programa PSA Hídrico (Oikos, 2015) e o Programa PSA de Proteção (Resolução SMA nº 86/2017 de 25 de agosto de 2017). As áreas escolhidas para PSA são comumente pasto de baixo custo (Lemos et al., 2021).

Segundo o mapeamento do Inventário Florestal (IPA, 2022), o VPP possui as classes Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Formação Pioneira com Influência Fluvial e/ou Lacustre, Savana Arborizada e Savana Florestada, e Refúgio Ecológico Montano ou Alto-Montano, sendo que esta última classe é chamada de áreas especiais pelo IBGE. Essas diferentes classes de floresta do Inventário Florestal são unificadas pela classe de Florestas/Formação Florestal em outros mapeamentos.

Também é válido destacar que refúgio ecológico se refere a toda e qualquer vegetação diferenciada nos aspectos florístico e fisionômico-ecológico da flora dominante na região fitoecológica, sendo muitas vezes uma “vegetação relíquia”, condicionados por parâmetros ambientais muito específicos, com alta sensibilidade a qualquer tipo de intervenção. Possui espécies endêmicas, persistindo em situações “especialíssimas”, como é o caso de comunidades localizadas em altitudes acima de 1.800 m (IBGE, 2012). Tais características fazem com que outros mapeamentos não a insiram como uma classe por si, estando representada em outras classes mais abrangentes, geralmente em classes de floresta e afloramento rochoso.

Outro ponto que vale destaque é que os refúgios montano e alto-montano, são classificados como pastagem durante atividades de classificação por imagem de satélite (Silva et al., 2016; Aluvei, 2020). O que faz com que as áreas de pastagem possam estar sendo superestimadas pelos métodos de classificação por imagens de satélite, ou seja, é possível que haja menos áreas de pastagem disponíveis para os programas de restauração florestal do que o que é indicado. Acredita-se que esta classificação ocorre devido à resposta espectral similar entre a cobertura florestal de campos de altitude das áreas especiais e as gramíneas das áreas de pastagem durante o treinamento da classificação das imagens de satélites.

O objetivo geral deste projeto é aprimorar o treinamento da classificação das imagens de satélites para o VPP, a fim de distinguir as classes de vegetação e áreas de pastagem. Os objetivos específicos são: a identificação das classes de vegetação existentes para o VPP; análise dos mapas

de uso e cobertura da terra do Inventário Florestal e do MapBiomass para 2020; a identificação das divergências entre os mapeamentos e suas possíveis causas.

Material e Métodos

O fluxograma do estudo é apresentado na Figura 1.

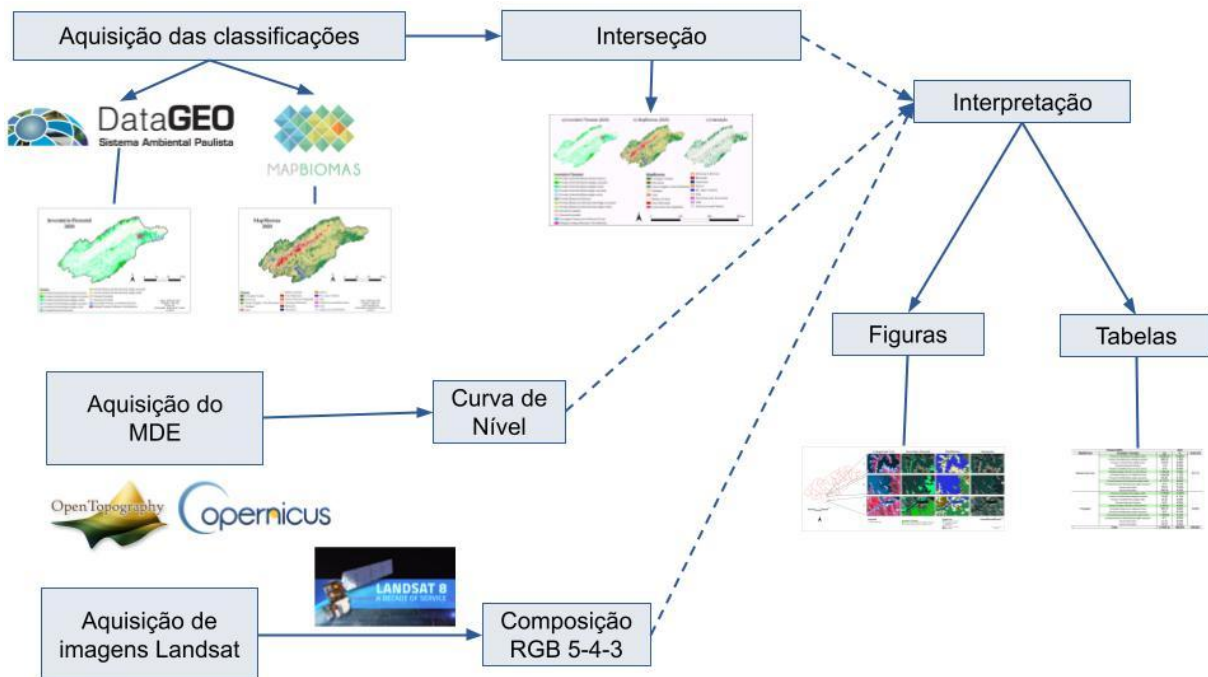


Figura 1. Fluxograma da metodologia.

Área de Estudo - O Vale do Paraíba Paulista (VPP), Figura 2, situa-se no Estado de São Paulo, abrange 34 municípios e está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul,

ladeada pela Serra do Mar ao sul e pela Serra da Mantiqueira ao Norte. Possui um alto grau de industrialização e urbanização, o que causa pressão intensa aos recursos naturais (Itani, 2011).

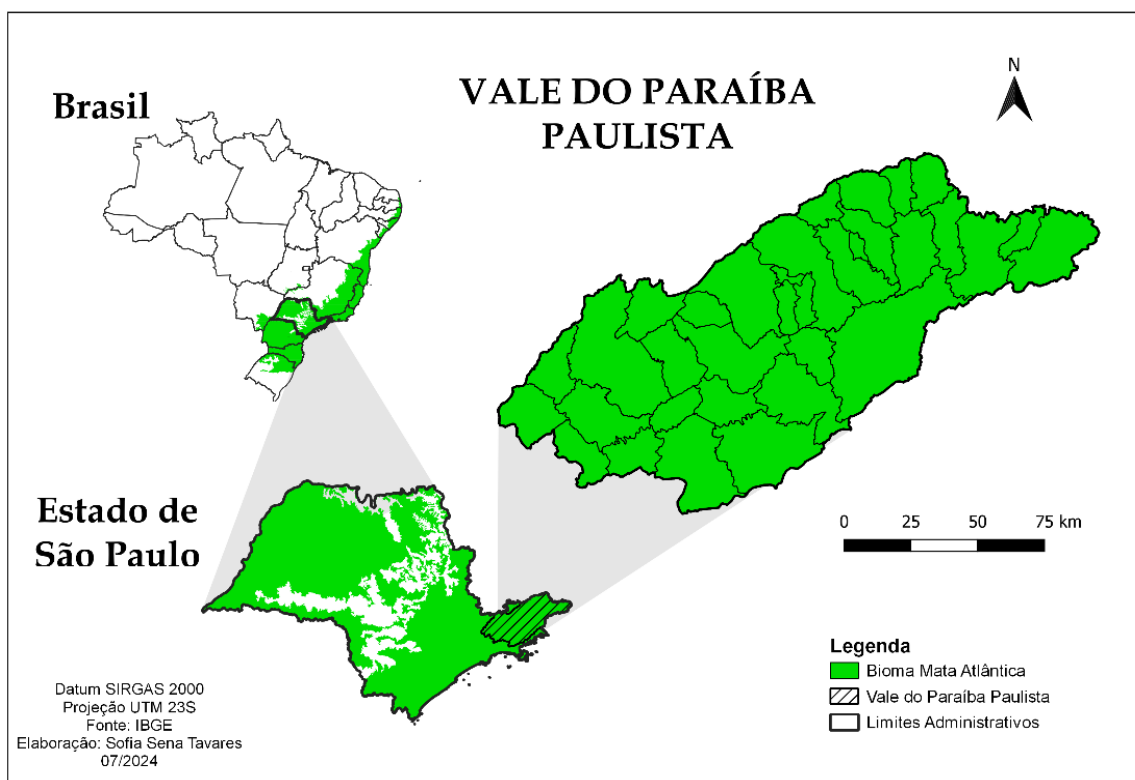


Figura 2. Mapa de localização do Vale do Paraíba Paulista.

Construção do Banco de Dados - O Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA), anteriormente Instituto Florestal, realizou mapeamentos da cobertura vegetal nativa, denominados Inventários Florestais, do Estado de São Paulo nos períodos de 1990/91, 2000/01, 2010 e de 2020. São um instrumento estratégico para planejar e analisar ações ambientais. No período de 1990 a 1991 foram utilizadas imagens analógicas do satélite Landsat 5 e os resultados da fotointerpretação foram lançados nas folhas topográficas IBGE, na escala 1:50.000 para serem quantificados. No período 2000 a 2001 foram utilizadas imagens digitais do satélite Landsat 5, Landsat 7 e CBERS, com interpretação visual e quantificação em sistema de informação geográfica, na escala 1:50.000, onde se inicia a adoção da legenda de vegetação do IBGE. Para 2010, foram utilizadas imagens digitais de 2008 a 2009 do satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite) da Agência Espacial Japonesa (JAXA), com

interpretação visual e escala 1:25.000, com área mínima mapeada 0,25 ha (IPA, 2022).

O mapeamento de 2020 utilizou imagens orbitais de satélite de alta resolução espacial (0,5 m), do período 2017 a 2018, do acervo da então Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA) do Estado de São Paulo, conforme a Tabela 1. A área mínima mapeada foi de 0,1 ha, com escala de visualização e vetorização de 1:5.000 e mapeamento compatível 1:10.000. Foi utilizada classificação orientada a objeto, no *software* e-Cognition Developer através da aplicação de parâmetros de decisão sob as imagens segmentadas, ou seja, os objetos gerados na etapa de segmentação foram classificados em alguma das classes hierárquicas de acordo com os parâmetros relativos à forma, textura, brilho, tamanho, escala, etc. Foi adotado o sistema fitogeográfico de classificação fisionômico-ecológica do Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012) e usou como referência o Projeto RADAMBRASIL para a classificação da vegetação nativa (IPA, 2022).

Satélite	Resolução espacial (m)	Período	Tipo
WorldView I	0,46	2016-2017	PAN ¹
WorldView II	0,46	2016-2018	PAN, RGB e NIF1 ²
WorldView III	0,31	2016-2018	PAN, RGB e NIF1 ²
GeoEye I NIR	0,5	2018	

¹Pancromática; ²Panshaped Natural Color e Panshaped Color Infrared (Green, Red, NIR1).

Tabela 1. Satélites utilizados no mapeamento da cobertura vegetal nativa do estado de São Paulo (IPA, 2022)

O *shapefile* da classificação do Inventário Florestal foi adquirido pela plataforma Datageo para o ano de 2020, sendo referente a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 02 - Paraíba do Sul, o qual faz parte o VPP. O índice Kappa é de 0,81 e pode ser considerado bom (IPA, 2022). Na Figura 3 podem ser vistas as classes do Inventário Florestal, que utiliza a mesma paleta de cores originalmente usada.

O Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil do MapBiomas identifica os usos antrópicos e a vegetação natural na escala Brasil, disponível a partir do ano 1985 (MapBiomas, 2024a). A metodologia envolve a busca de todas as imagens do satélite Landsat, com resolução de 30 m disponíveis no período de um ano. Sendo 380 imagens para cobrir o Brasil, que somadas possuem mais de 9 bilhões de pixels, esses selecionados sem nuvem, constituindo as unidades de trabalho. São extraídas métricas que explicam o comportamento do pixel em cada uma das 7 bandas espectrais do satélite, bem como frações e índices espectrais calculados. Dessa forma, é montado um

mosaico para cada ano, representando o comportamento de cada pixel a partir de 105 métricas ou camadas de informação. O conjunto de mosaicos é salvo como uma coleção de dados (Asset) na plataforma Google Earth Engine, são utilizados como fonte de parâmetros para o algoritmo classificar as imagens e para coleta de amostras de treinamento e avaliação da acurácia por interpretação visual (MapBiomas, 2024b).

As equipes de cada bioma e de cada tema transversal produzem um mapa de cada classe de cobertura e uso da terra, utilizando o classificador automático “random forest”, que roda na nuvem de processadores da Google. Esse sistema é baseado em aprendizado de máquina, onde as máquinas são “treinadas” para cada tema a ser classificado com amostras da classe. Por sua vez, estas amostras são obtidas por mapas de referência, mapas de classes estáveis das séries anteriores do MapBiomas e coleta direta por interpretação visual das imagens Landsat. A classificação é feita para cada um dos anos da série, podendo ser salvas como um único mapa por classe onde cada pixel tem número de camadas

correspondente ao número de anos da série histórica analisada (MapBiomias, 2024b).

O filtro espacial visa ampliar a consistência espacial dos dados, eliminando pixels isolados ou de borda, sendo definidas regras de vizinhança que podem levar a alteração da classificação do pixel. Por exemplo, um pixel com menos de dois dos nove pixels vizinhos na mesma classe será reclassificado para a classe predominante na vizinhança. Já o filtro temporal é usado para reduzir inconsistências temporais, em especial as mudanças de cobertura e uso “impossíveis” ou “não permitidas”, como, Florestal Natural > Não Floresta > Floresta Natural, e corrigir falhas por excesso de nuvem ou falta de dados. Para cada bioma, tema ou região podem ter regras específicas de filtro temporal. Os mapas de cada classe são integrados em um único mapa de cobertura e uso da terra para cada ano. São aplicadas regras de prevalência, ou seja, se um mesmo pixel classificado em dois mapas de classes distintas, é definido a qual pertence no mapa final. A integração é feita para cada ano da série, gera um mapa integrado para cada ano.

Novamente, o mapa integrado passa por uma etapa de filtro espacial para limpar as bordas e pixels soltos (MapBiomias, 2024b).

Pelo site do MapBiomias, sua classificação foi adquirida da Coleção 8 para 2020 em arquivo *raster*. A acurácia geral é de 83,1% para a Mata Atlântica e 85,8% para o Brasil, ambos no nível 3. Possui dezesseis classes: Formação Florestal; Campo Alagado e Área Pantanosa; Café; Mosaico de Usos (áreas em que não foi possível distinguir agricultura de pastagem); Afloramento Rochoso; Pastagem; Silvicultura; Área Urbanizada; Rio, Lago e Oceano; Soja; Aquicultura; Apicum; Cana; Mineração; Outras Lavouras Perenes; Outras Lavouras Temporárias; e Outras Áreas Não Vegetadas. As classes podem ser visualizadas na Figura 4, em que a paleta de cores dessa classificação também foi mantida. Nota-se que há uma relativa (mas não completa) coincidência espacial entre as áreas de Refúgio Montano e Alto-Montano do Inventário Florestal (Figura 3) com a de Afloramento Rochoso do MapBiomias (Figura 4).

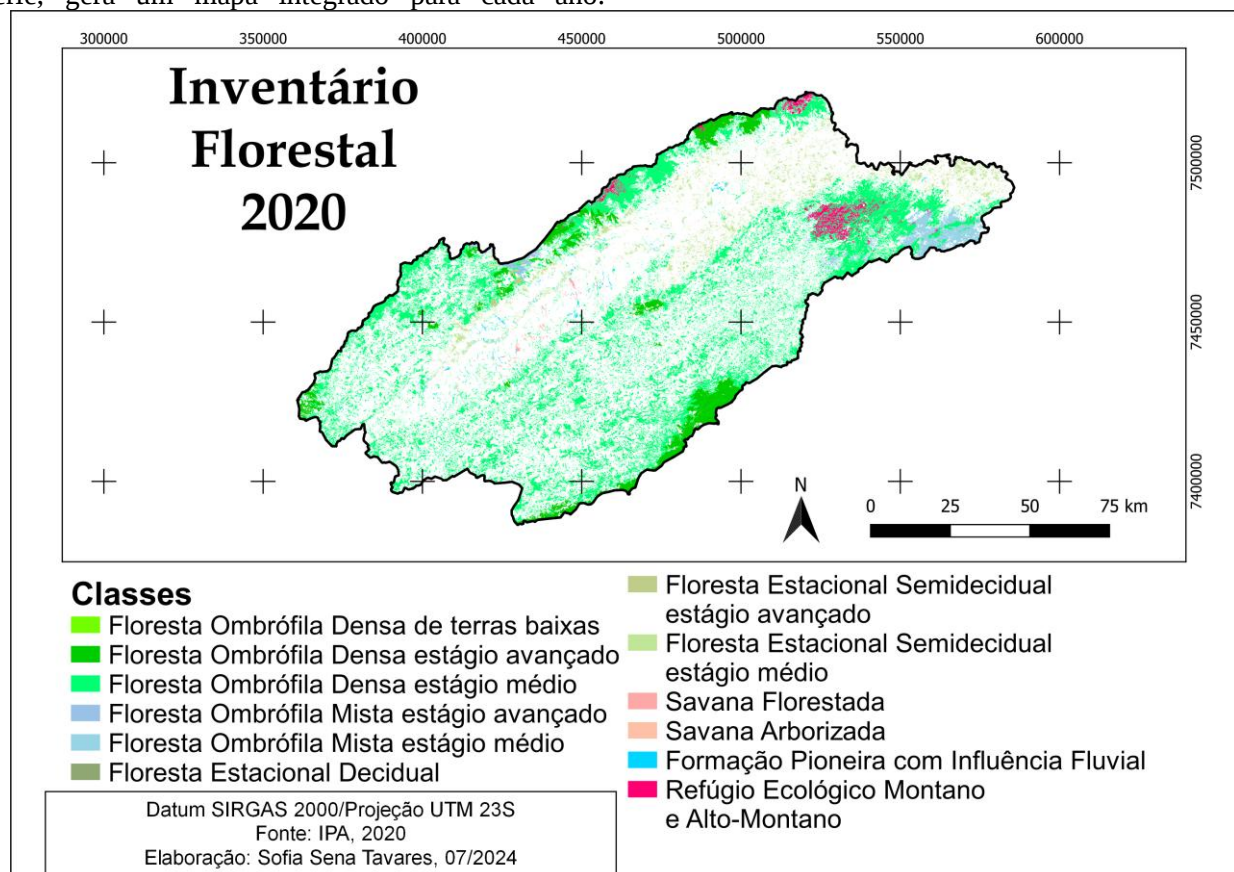


Figura 3. Classificação do Inventário Florestal para 2020.

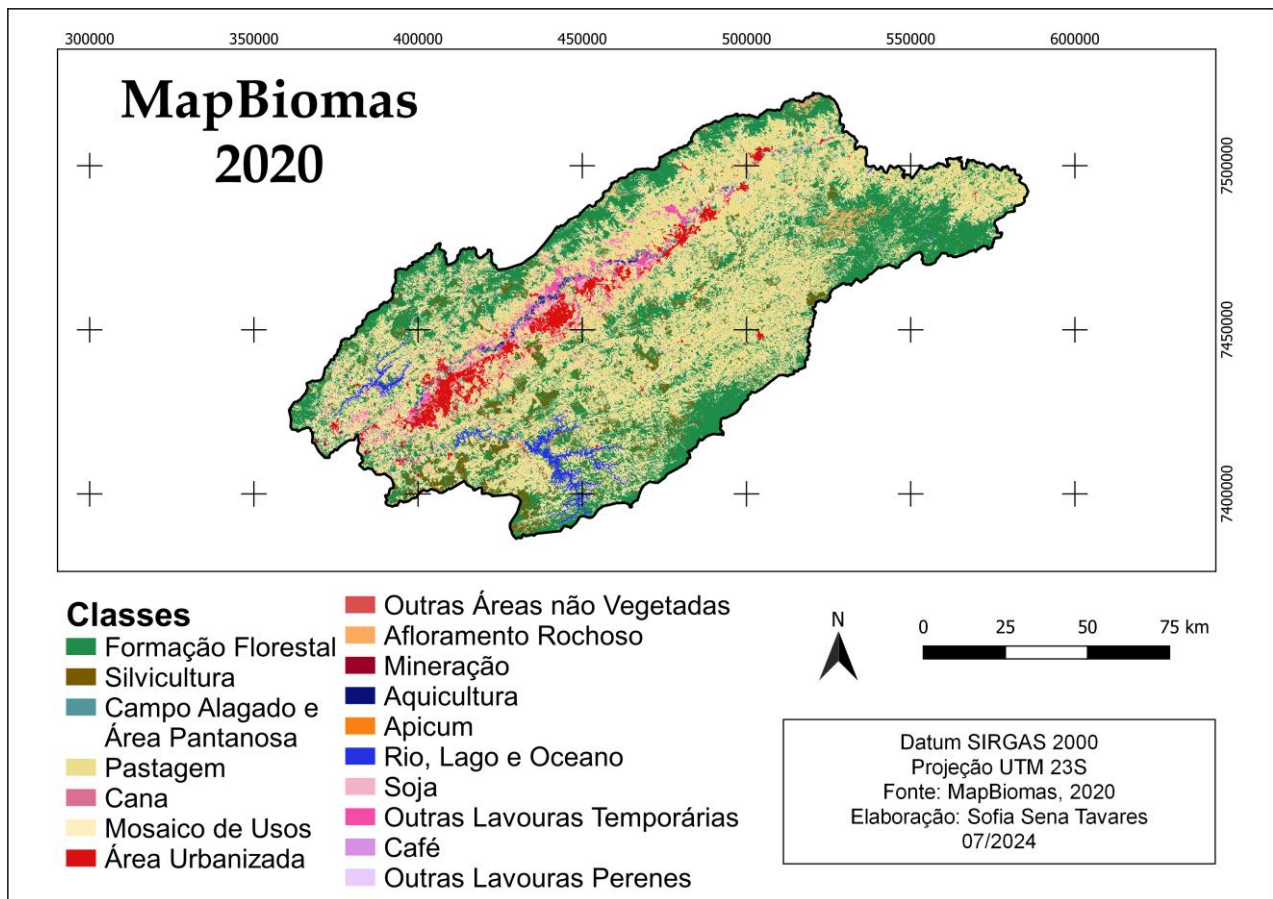


Figura 4. Classificação do MapBiomas para 2020.

No *software* QGIS, o *raster* foi convertido para vetor e depois dissolvido a partir da classe. A classificação do Inventário também foi dissolvida por classe, sem necessidade de conversão, pois já estava como vetor. Pela calculadora do QGIS, as áreas de ambas as classes foram calculadas. As classificações foram interseccionadas pela função de interseção do QGIS, feitas por classe e área, vide Figura 5c. Foram realizadas duas interseções: 1. MapBiomas e Inventário Florestal; 2. Inventário Florestal e MapBiomas. Assim, tornou-se mais fácil visualizar as principais mudanças entre as duas classificações nas tabelas (Tabela 2 e Tabela 3). As áreas de interseção entre as classes também foram calculadas e as tabelas foram exportadas para cálculo de porcentagem pelo Planilhas Google. As classes do MapBiomas Rio, Lago e Oceano, Afloramento Rochoso, Apicum, Campo Alagado e Área Pantanosa e Formação Florestal foram removidas nesta etapa, pois não se enquadram como uso antrópico. Portanto, a área de estudo corresponde à vegetação nativa do Inventário Florestal lida como uso antrópico pelo MapBiomas, sendo 63.426,42 ha. As Tabelas 2 e 3 são o produto desta etapa, sendo que a porcentagem foi feita em relação ao total de 63.426,42 ha que seriam as classificações “erradas”, assim, trata-se da porcentagem do erro.

Duas cenas de imagens de satélite foram escolhidas, reprojetadas e formaram um mosaico para serem recortadas no formato do VPP. As cenas foram retiradas da plataforma Earth Explorer do U.S Geological Survey, sendo de Landsat 8 ETM+ *Collection 2 Level 2* das datas 04/09/2020 e 28/08/2020, sendo as cenas mais próximas sem nuvens na área de estudo. Foram utilizadas para verificar as informações das classificações a partir de composição falsa-cor 4-3-2 de cor verdadeira e 5-4-3 que mostra a vegetação em vermelho.

O MDE Copernicus GLO-30 foi utilizado, possui resolução global de 30 m e possui cenas entre 2011 e 2015, portanto, é mais recente que de outros satélites disponíveis. Foi retirado já recortado pelo plug-in Open Topography do QGIS. Pelo mesmo software, foram extraídas as curvas de nível a partir do MDE.

As classes do Inventário por vezes serão chamadas apenas de vegetação nativa e será tida como referência para validação da qualidade do mapeamento da base MapBiomas, principalmente pelo fato da área trabalhada ser menor — Estado de São Paulo e não todo o Brasil — e por possuir alta resolução espacial. Por fim, foram analisadas as diferenças entre as classificações do Inventário Florestal com o MapBiomas. Os dados de altitude e as composições foram utilizados para auxiliar a

análise, bem como imagens do Google Earth de alta resolução. As informações foram reunidas em tabelas, mapas e figuras comparativas.

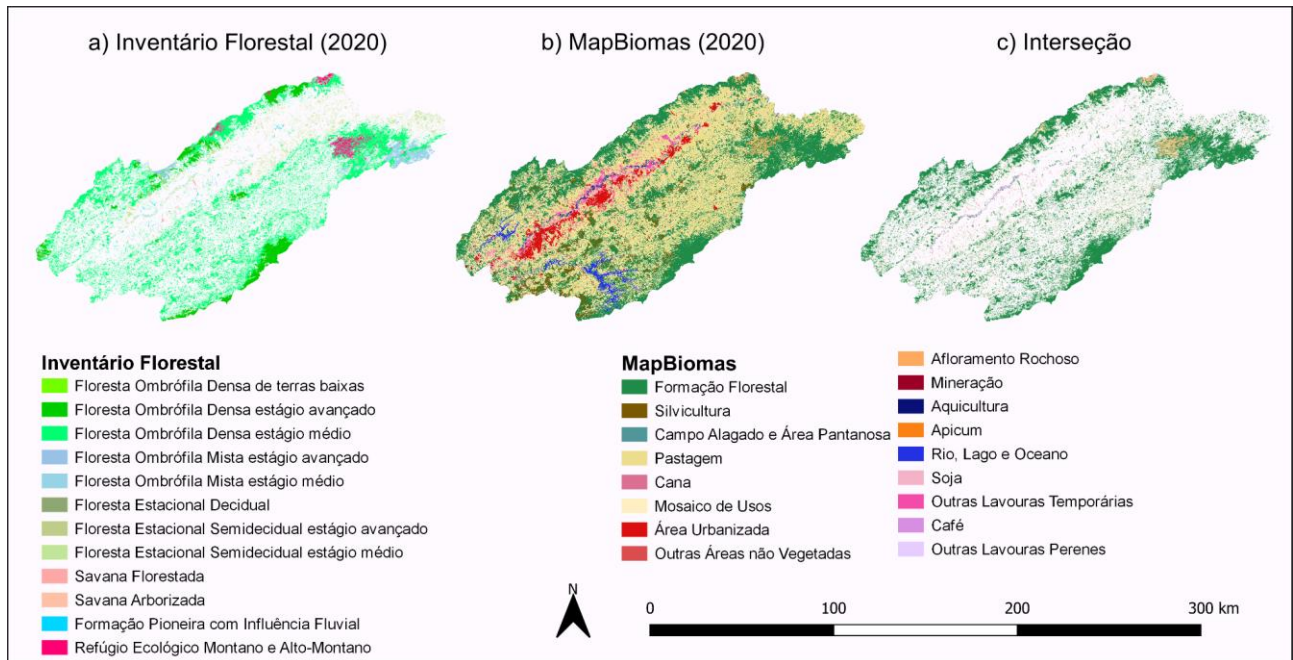


Figura 5. Recorte da área de estudo.

Resultados

MapBiomas e Inventário Florestal - As classes do Inventário Florestal serão chamadas de vegetação nativa durante essa etapa e inclui as fitofisionomias de Mata Atlântica e Cerrado. A interseção foi organizada na Tabela 2, onde pode ser visto que 70,71% de vegetação nativa do Inventário Florestal com classificação antrópica pelo MapBiomas, foi classificada como Mosaico de Usos pelo MapBiomas, ou seja, áreas que no MapBiomas foi atribuída uma mistura entre agricultura e pastagem, porém nesse caso na verdade seriam de cobertura vegetal nativa. Todas as classes de uso antrópico obtiveram alguma classificação de vegetação nativa, sendo 19,99% de Pastagem, 3,66%

como Outras Lavouras Temporárias e 3,62% como Silvicultura. As outras classes possuem porcentagens inferiores a 1, mas é interessante destacar Café, com 0,97% e Área Urbanizada com 0,78%.

Conforme a Tabela 3, a classe de Floresta Ombrófila Densa em estágio médio de conservação somou 72,31% dos erros de classificação, sendo 54,40% apenas de Mosaico de Usos. A classe Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio de conservação obteve 12,89%. A área especial de Refúgio Ecológico somou 6,77%, com 4,09% de Pastagem. Enquanto a Formação Pioneira com Influência Fluvial ficou com 4,10%.

Classes (2020)		Área		
MapBiomas	Inventário Florestal	ha	%	Soma (%)
Café	Floresta Ombrófila Densa em estágio médio	470,81	0,74%	0,97%
	Floresta Ombrófila Densa em estágio avançado	20,42	0,03%	
	Floresta Ombrófila Mista em estágio médio	5,82	0,01%	
	Refúgio Ecológico Montano e Alto-Montano	114,39	0,18%	
	Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado	1,97	0,00%	
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio	2,05	0,00%	
Mosaico de Usos	Floresta Ombrófila Densa em estágio médio	34.506,52	54,40%	70,71%
	Floresta Ombrófila Densa em estágio avançado	946,56	1,49%	
	Floresta Ombrófila Mista em estágio médio	373,55	0,59%	
	Floresta Estacional Decidual	1,23	0,00%	
	Floresta Ombrófila Densa de terras baixas	0,43	0,00%	
	Refúgio Ecológico Montano e Alto-Montano	1.585,49	2,50%	
	Formação Pioneira com Influência Fluvial	1.088,06	1,72%	
	Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado	63,84	0,10%	
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio	5.737,71	9,05%	
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio avançado	5,15	0,01%	
	Savana Arborizada	175,47	0,28%	
	Savana Florestada	366,59	0,58%	

Pastagem	Floresta Ombrófila Densa em estágio médio	7.739,49	12,20%	19,99%
	Floresta Ombrófila Densa em estágio avançado	78,60	0,12%	
	Floresta Ombrófila Mista estágio médio	25,22	0,04%	
	Floresta Estacional Decidual	0,43	0,00%	
	Refúgio Ecológico Montano e Alto-Montano	2.594,21	4,09%	
	Formação Pioneira com Influência Fluvial	555,16	0,88%	
	Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado	9,25	0,01%	
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio	1.606,08	2,53%	
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio avançado	0,11	0,00%	
	Savana Arborizada	21,57	0,03%	
Outras Lavouras Perenes	Savana Florestada	50,76	0,08%	0,11%
	Floresta Ombrófila Densa em estágio médio	62,23	0,10%	
	Floresta Ombrófila Densa em estágio avançado	4,40	0,01%	
	Refúgio Ecológico Montano e Alto-Montano	0,59	0,00%	
	Formação Pioneira com Influência Fluvial	0,57	0,00%	
Silvicultura	Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio	0,93	0,00%	3,62%
	Floresta Ombrófila Densa em estágio médio	2.073,49	3,27%	
	Floresta Ombrófila Densa em estágio avançado	112,93	0,18%	
	Floresta Ombrófila Mista em estágio médio	51,85	0,08%	
	Refúgio Ecológico Montano e Alto-Montano	0,56	0,00%	
	Formação Pioneira com Influência Fluvial	0,24	0,00%	
	Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado	22,88	0,04%	
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio	28,05	0,04%	
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio avançado	1,10	0,00%	
Área Urbanizada	Savana Arborizada	1,12	0,00%	0,78%
	Savana Florestada	5,74	0,01%	
	Floresta Ombrófila Densa em estágio médio	347,54	0,55%	
	Floresta Ombrófila Densa em estágio avançado	0,26	0,00%	
	Formação Pioneira com Influência Fluvial	11,85	0,02%	
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio	102,05	0,16%	
Outras Áreas Não Vegetadas	Savana Arborizada	25,15	0,04%	0,03%
	Savana Florestada	10,41	0,02%	
	Floresta Ombrófila Densa em estágio médio	14,81	0,02%	
	Refúgio Ecológico Montano e Alto-Montano	0,79	0,00%	
	Formação Pioneira com Influência Fluvial	0,73	0,00%	
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio	1,58	0,00%	
Outras Lavouras Temporárias	Savana Arborizada	0,90	0,00%	3,66%
	Savana Florestada	0,05	0,00%	
	Floresta Ombrófila Densa em estágio médio	608,27	0,96%	
	Floresta Ombrófila Densa em estágio avançado	2,94	0,00%	
	Floresta Ombrófila Mista em estágio médio	0,19	0,00%	
	Formação Pioneira com Influência Fluvial	928,86	1,46%	
	Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado	4,62	0,01%	
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio	674,99	1,06%	
Soja	Savana Arborizada	42,76	0,07%	0,01%
	Savana Florestada	58,46	0,09%	
	Floresta Ombrófila Densa em estágio médio	2,75	0,00%	
	Floresta Ombrófila Densa em estágio avançado	0,09	0,00%	
Aquicultura	Formação Pioneira com Influência Fluvial	1,09	0,00%	0,06%
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio	1,31	0,00%	
	Floresta Ombrófila Densa em estágio médio	0,26	0,00%	
Cana	Formação Pioneira com Influência Fluvial	12,73	0,02%	0,00%
	Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio	22,16	0,03%	
Mineração	Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio	0,24	0,00%	0,00%
Total		63.426,42	100,00%	100,00%

Tabela 2. Diferenças de classificação entre áreas de uso antrópico do MapBiomas que foram classificadas como vegetação nativa no Inventário Florestal.

Classes (2020)		Área		
Inventário Florestal	MapBiomas	ha	%	Soma
Floresta Ombrófila Densa estágio médio	Café	470,81	0,74%	72,31%
	Mosaico de Usos	34.506,52	54,40%	
	Pastagem	7.739,49	12,20%	
	Outras Lavouras Perenes	62,23	0,10%	
	Silvicultura	2.073,49	3,27%	
	Área Urbanizada	347,54	0,55%	
	Outras Áreas Não Vegetadas	14,81	0,02%	
	Outras Lavouras Temporárias	608,27	0,96%	
	Soja	2,75	0,00%	
	Aquicultura	0,26	0,00%	
Floresta Ombrófila Densa estágio avançado	Mineração	34,96	0,06%	1,84%
	Café	20,42	0,03%	
	Mosaico de Usos	946,56	1,49%	
	Pastagem	78,60	0,12%	
	Outras Lavouras Perenes	4,40	0,01%	
	Silvicultura	112,93	0,18%	
	Área Urbanizada	0,26	0,00%	
	Outras Lavouras Temporárias	2,94	0,00%	
Floresta Ombrófila Mista estágio médio	Soja	0,09	0,00%	0,72%
	Café	5,82	0,01%	
	Mosaico de Usos	373,55	0,59%	
	Pastagem	25,22	0,04%	
	Silvicultura	51,85	0,08%	
Floresta Ombrófila Mista estágio avançado	Outras Lavouras Temporárias	0,19	0,00%	0,16%
	Café	1,97	0,00%	
	Mosaico de Usos	63,84	0,10%	
	Pastagem	9,25	0,01%	
	Silvicultura	22,88	0,04%	
Floresta Estacional Decidual	Outras Lavouras Temporárias	4,62	0,01%	0,00%
	Mosaico de Usos	1,23	0,00%	
Floresta Ombrófila Densa de terras baixas	Pastagem	0,43	0,00%	0,00%
	Mosaico de Usos	0,43	0,00%	
Refúgio Ecológico Montano e Alto-Montano	Café	114,39	0,18%	6,77%
	Mosaico de Usos	1.585,49	2,50%	
	Pastagem	2.594,21	4,09%	
	Outras Lavouras Perenes	0,59	0,00%	
	Silvicultura	0,56	0,00%	
	Outras Áreas Não Vegetadas	0,79	0,00%	
Floresta Estacional Semidecidual estágio médio	Café	2,05	0,00%	12,89%
	Mosaico de Usos	5.737,71	9,05%	
	Pastagem	1.606,08	2,53%	
	Outras Lavouras Perenes	0,93	0,00%	
	Silvicultura	28,05	0,04%	
	Área Urbanizada	102,05	0,16%	
	Outras Áreas Não Vegetadas	1,58	0,00%	
	Outras Lavouras Temporárias	674,99	1,06%	
	Soja	1,31	0,00%	
	Aquicultura	22,16	0,03%	
	Cana	0,24	0,00%	
Floresta Estacional Semidecidual estágio avançado	Mosaico de Usos	5,15	0,01%	0,01%
	Pastagem	0,11	0,00%	
	Silvicultura	1,10	0,00%	

Formação Pioneira com Influência Fluvial	Mosaico de Usos	1.088,06	1,72%	4,10%
	Pastagem	555,16	0,88%	
	Outras Lavouras Perenes	0,57	0,00%	
	Silvicultura	0,24	0,00%	
	Área Urbanizada	11,85	0,02%	
	Outras Áreas Não Vegetadas	0,73	0,00%	
	Outras Lavouras Temporárias	928,86	1,46%	
	Soja	1,09	0,00%	
Savana Arborizada	Aquicultura	12,73	0,02%	0,42%
	Mosaico de Usos	175,47	0,28%	
	Pastagem	21,57	0,03%	
	Silvicultura	1,12	0,00%	
	Área Urbanizada	25,15	0,04%	
	Outras Áreas Não Vegetadas	0,90	0,00%	
Savana Florestada	Outras Lavouras Temporárias	42,76	0,07%	0,78%
	Mosaico de Usos	366,59	0,58%	
	Pastagem	50,76	0,08%	
	Silvicultura	5,74	0,01%	
	Área Urbanizada	10,41	0,02%	
	Outras Áreas Não Vegetadas	0,05	0,00%	
Total		63.426,42	100,00%	100,00%

Tabela 3. Diferenças de classificação de áreas de vegetação nativa do Inventário Florestal que foram classificadas como uso antrópico pelo MapBiomas.

Algumas áreas foram verificadas através de imagens de alta resolução do Google Earth (Figura 6). As áreas de Mosaico de Usos e Pastagem foram observadas em locais com mais de 2000 m de

altitude, próximas a áreas marcadas como Café que correspondem a vegetação nativa.

Cerrado - Aqui foi considerado as classes do MapBiomas para as fitofisionomias de Cerrado, salvo Formação Florestal, que somam apenas 758,98 ha, sendo Savana Florestada e Savana Arborizada, conforme Tabela 4. Ambas foram mais classificadas como Mosaico de Usos, que somam 71,27% (542 ha).

A Savana Arborizada representa 35,17% das fitofisionomias de Cerrado, 5,63% de sua extensão foi classificada como Outras Lavouras Temporárias, seguido de 3,31% de Área Urbanizada e 2,84% de Pastagem, tendo menos de 0,30% nas classes de Outras Áreas Não Vegetadas e Silvicultura.

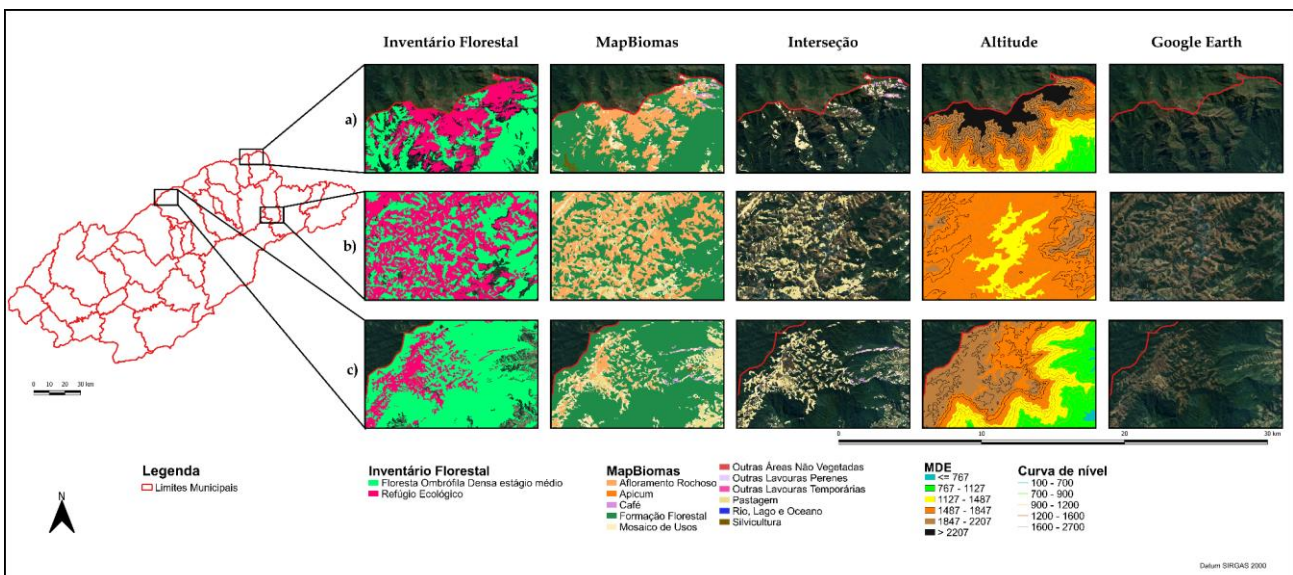


Figura 6. Áreas de vegetação nativa classificadas como pastagem.

A Savana Florestada corresponde a 64,83%, classificada como Outras Lavouras Temporárias (7,70%), Pastagem (6,89%), Área Urbanizada (1,37%), Silvicultura (0,76%) e Outras Áreas Não Vegetadas (0,01%).

Essas áreas se encontram próximas a manchas urbanas e silvicultura, aparentam estar em regeneração. É possível visualizar esse feito na Figura 7 na escala 1:50.000.

Classes (2020)		Área		Soma
Inventário Florestal	MapBiomias	ha	%	
Savana Arborizada	Mosaico de Usos	175,47	23,12%	35,17%
	Pastagem	21,57	2,84%	
	Silvicultura	1,12	0,15%	
	Área Urbanizada	25,15	3,31%	
	Outras Áreas Não Vegetadas	0,9	0,12%	
	Outras Lavouras Temporárias	42,76	5,63%	
Savana Florestada	Mosaico de Usos	366,59	48,30%	64,83%
	Pastagem	50,76	6,69%	
	Silvicultura	5,74	0,76%	
	Área Urbanizada	10,41	1,37%	
	Outras Áreas Não Vegetadas	0,05	0,01%	
	Outras Lavouras Temporárias	58,46	7,70%	
Total		758,98	100,00%	100,00%

Tabela 4. Classificação de fitofisionomias de Cerrado.

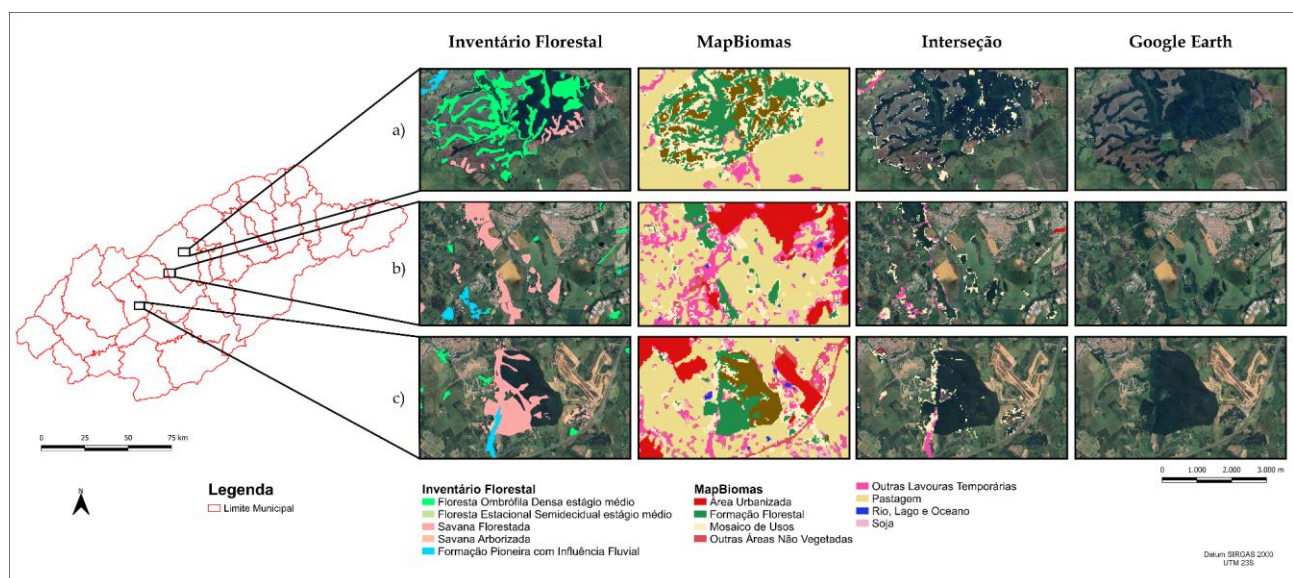


Figura 7. Fitofisionomias de Cerrado classificadas como pastagem.

Áreas não classificadas pelo Inventário Florestal - Para além do que foi classificado pelo Inventário Florestal, outros erros de classificação foram encontrados. Algumas áreas foram classificadas como Pastagem e Mosaico de Usos pelo MapBiomias e na verdade se assemelham mais a outras classes.

Para melhor visualização, foi utilizada a classificação total do MapBiomias e não a área de interseção, na escala 1:20.000. Foi feita uma comparação com a composição falsa-cor 5-4-3 do Landsat 8, visto que reflete a vegetação na cor vermelha, permitindo melhor visualização, sabendo que áreas de Eucalipto refletem um vermelho mais vibrante, conforme Figura 8.

As áreas de floresta foram corretamente classificadas, adequando-se a classificação do Inventário. Todavia, as áreas de pastagem foram mais uma vez superestimadas. Na fileira (a) vê-se que áreas florestadas foram classificadas como Mosaico de Usos e Pastagem. Em (b) áreas vegetadas foram marcadas como pastagem e Silvicultura marcada como floresta. Nas três seleções pode ser observado que banco de areia e margens são classificadas como pastagem.

Discussão

MapBiomias X Inventário Florestal - A acurácia global do MapBiomias é considerada boa e vem apresentando melhoras a cada coleção

(Fernandes e Arraut, 2023; Freitas et al., 2023). Todavia, identificou-se que todas as classes de uso antrópico do MapBiomias foram classificadas com ao menos uma classe de vegetação nativa do Inventário, visto que o Inventário Florestal foi utilizado como base para a análise, o que o MapBiomias divergiu do Inventário será tratado como incorreto. O maior erro de classificação foi Mosaico de Usos, sendo que era esperado que

houvesse mais discrepâncias com a classe Pastagem. O mesmo ocorreu no município de Carpina (PE), com a coleção 6 do MapBiomias, onde a classe Mosaico de Usos confundiu-se com todas as outras classes de uso e cobertura, obteve um percentual de acurácia do usuário de 24,18%, das áreas corretamente classificadas, indicando um erro de comissão de 75,82% (Freitas et al., 2023).

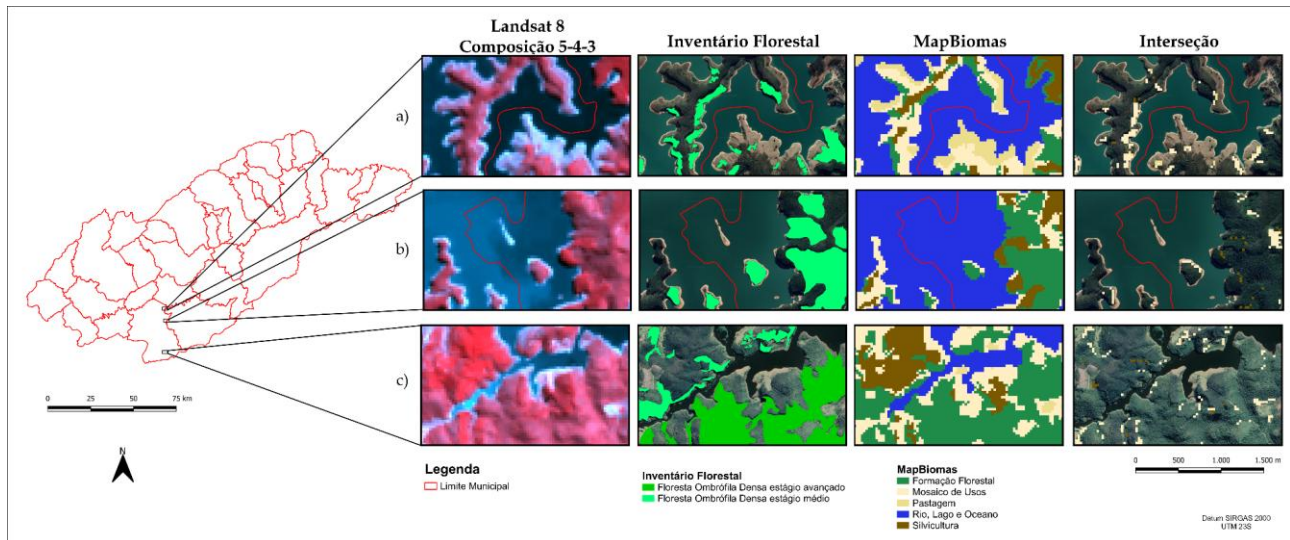


Figura 8. Classificação em margem de rio.

A classe de vegetação nativa que mais apresentou confusão foi a Floresta Ombrófila Densa em estágio médio de conservação, sendo mais classificada como Mosaico de Usos. Todavia, as classes de áreas especiais Refúgio Ecológico montano e alto-montano, que possuem áreas igual ou maior que 2000 m de altitude também foram confundidas com Pastagem e Mosaico de Usos, próximo de áreas lidas como Café. As classes Floresta Ombrófila Densa e Refúgio por vezes se encontram juntas, assim, a transição entre as duas podem ter sido classificadas como Mosaico de Usos/Pastagem.

Para a classe Savana Florestada, a Pastagem não foi a segunda maior classe, mas sim Outras Lavouras Temporárias, seguido de Área Urbanizada. Essas áreas quase sempre se encontram próximas a áreas urbanizadas ou de silvicultura. Muitas áreas de savana pareciam antes ser de pastagem, portanto estão se regenerando, sendo possível ver áreas classificadas como Pastagem/Mosaico de Usos que se assemelham a savana, mas que não foram classificadas pelo Inventário, possivelmente pela diferença temporal entre as classificações, uma vez que o Inventário Florestal de 2020 não utiliza imagens do referido ano. Isso é um sinal que a restauração florestal na

Mata Atlântica ocorre mais em áreas de pastagem ou mosaico de usos (Piffer et al., 2022).

A classe Formação Florestal do MapBiomias para a Mata Atlântica representa: Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista e Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e Formação Pioneira Arbórea. Enquanto a Formação Savânica para a Mata Atlântica inclui Savanas, Savanas-Estépicas Florestadas e Arborizadas (MapBiomias, 2023). Para o VPP, o MapBiomias não classificou nenhuma área como de Formação Savânica, confundindo com classes antrópicas, mas também com a classe Formação Florestal. Grande et al. (2023) identificou que, para o Vale do Paiol do Bananal (Baependi-MG) localizado na Serra da Mantiqueira, a classe de Formação Savânica parou de ser contabilizada em 2020, dando lugar a Formação Florestal e Formação Campestre.

Áreas que não correspondem à vegetação, sendo nativa e de silvicultura, e se encontram próximas às margens dos rios foram classificadas como Pastagem ou Mosaico de Usos, assim como áreas de banco de areia, que não se destinam a agropecuária, mas são visualmente semelhantes. Isso pode ser dado pelo método de classificação do MapBiomias que considera a série histórica (MapBiomias, 2024), visto que entre 1986 a 2010 a

silvicultura se desenvolveu principalmente sobre o que era pastagem (Carriello e Vicens, 2011).

O MapBiomias possui uso limitado em algumas áreas de aplicação, como para políticas que exigem que o mapeamento seja preciso na estimativa de área, não só operacional e contínuo. Por exemplo, no apoio de ações de fiscalização e na criação de políticas de controle do desmatamento, no suporte às políticas de Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD+) (Maurano & Escada, 2019). Porém, o MapBiomias se mostra útil quando utilizado para verificar a série histórica e auxiliar a predição de cenários futuros (Silva et al, 2023).

Limitações e Futuros Estudos - o Inventário Florestal foi utilizado como parâmetro para analisar os erros de classificação do MapBiomias, todavia, deve ser reconhecido que a classificação do Inventário também possui limitações e pode possuir erros de classificação. Por exemplo, apesar da utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial, a interpretação automática supervisionada não consegue diferenciar com alta confiabilidade vegetações primárias de secundárias, sendo necessária a averiguação em campo (IPA, 2022). Foi identificada uma área de silvicultura pelo MapBiomias e marcada como de Refúgio, que seria de vegetação primária, pelo Inventário, nesse caso em específico, o MapBiomias esteve correto.

O ano de 2020 foi usado para realizar a análise, todavia, as cenas utilizadas para compor a classificação do Inventário Florestal são de 2017 e 2018, enquanto o MapBiomias utilizou apenas o ano de 2020. Assim, pode haver mudanças temporais que foram identificadas como erros de classificação, como o desmatamento, o que pode ter transformado áreas de floresta em pastagem, sendo que já foi identificado que o MapBiomias pode subestimar as áreas desmatadas (Maurano & Escada, 2019)

Para futuros estudos, é interessante calcular a área total das classes do MapBiomias e a porcentagem das áreas tidas como “erradas” nesse estudo, bem como fazer uma análise da assinatura espectral (Almeida et al, 2025; Féret & de Boissieu, 2020), especialmente para a classe de Afloramento Rochoso do MapBiomias. Seria interessante usar o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*normalized difference vegetation index* - NDVI) no lugar da composição RGB 5-4-3, pois auxilia na análise espectral (Berveglieri et al., 2021). Além disso, devem ser considerados outros aspectos de confusão que podem ter causado divergência na classificação por métodos de imagens de satélite, como as sombras das áreas montanhosas, a diferenciação entre campo natural e pastagem, a diferenciação entre a própria classe de mosaico de

usos, bem como as áreas de regeneração e de cerrado em diferentes níveis de densidade arbustiva.

No caso do MapBiomias, verificar se as áreas marcadas como pastagem são de fato pastagem e não silvicultura ou outra classe e conferir se elas se encontram em Áreas de Preservação Permanente (APP). Também é recomendado realizar um recorte da massa d'água do VPP através de imagem de satélite ou utilizar o disponível pelo IBGE, para calcular a área de APP das margens.

Fu et al (2024) identificou que é necessário ir além do mapeamento de uso e cobertura da terra, sendo necessário um monitoramento contínuo e frequente com análise dos parâmetros para obter maior precisão. Portanto, o estudo poderia ir além do ano de 2020, voltando para 2005 e 2015 e realizar uma análise histórica, bem como considerar outros mapeamentos, principalmente porque a área regenerada da Mata Atlântica no VPP pelo MapBiomias apresenta valores muito divergentes dos mapeamentos de Silva et al (2016) e Ronquim et al (2016), o que pode implicar em políticas de restauração do bioma. Outra possibilidade é identificar as classificações presentes nas áreas de Unidades de Conservação, sobretudo nas de Proteção Integral.

Conclusão

A hipótese inicial foi confirmada, visto que as áreas de Pastagem do MapBiomias foram superestimadas, inclusive em áreas de vegetação nativa, conforme o Inventário Florestal. Ainda, áreas de Mosaico de Usos, que apresentariam um misto de agricultura com pastagem, são mais confundidas com vegetação nativa que Pastagem.

A classe de vegetação nativa que mais foi erroneamente classificada pelo MapBiomias é a Floresta Ombrófila Densa em estágio médio de conservação, compondo mais de 2/3 dos erros. As áreas especiais de Refúgio Ecológico também foram marcadas majoritariamente por Mosaico de Usos e Pastagem no MapBiomias.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela possibilidade de realizar esta pesquisa como projeto de Iniciação Científica.

Referências

Almeida, D. R. A., Verdovato, L. B., Fuza, M., Molin, P., Cassol, H., Resende, A. F., Krainovic, P. M., Almeida, C. T., Amaral, C., Haneda, L., Albuquerque, R. W., Gorgens, E., Romanelli, J., Ferreira, M., Salk, C., Espinoza, N., Silva, C.,

- Broadbent, E. & Brancalion, P. H. S. (2025). Remote sensing approaches to monitor tropical forest restoration: Current methods and future possibilities. *Journal of Applied Ecology*, 62, 188-206. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14830>
- Aluvei, R. A. (2020). Modelagem da distância dos viveiros de mudas às áreas de passivo ambiental no Vale do Paraíba. INPE.
- Berveglieri, A., Imai, N. N., Christovam, L. E., Galo, M. L. B. T., Tommaselli, A. M. G., & Honkavaara, E. (2021). Analysis of trends and changes in the successional trajectories of tropical forest using the Landsat NDVI time series. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 24, 100622. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100622>
- Calmon, M., Brancalion, P. H. S., Paese, A., Aronson, J., Castro, P., Silva, S. C., & Rodrigues, R. R. (2011). Emerging threats and opportunities for large-scale ecological restoration in the Atlantic Forest of Brazil. *Restoration Ecology*, 19(2), 154-158. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00772.x>
- Carriello, F. & Vicens, R. S. (2011). Silvicultura de eucalipto no vale do Paraíba do Sul/SP no período entre 1986 e 2010. *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (15), 6403-6409. <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.14.17.57/doc/p0974.pdf>
- Féret, J.-B., & de Boissieu, F. (2020). biodivMapR: An R package for α and β -diversity mapping using remotely sensed images. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(1), 64–70. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13310>
- Fernandes, N. S. & Arraut, E. (2023). Evolução da Acurácia de Importantes Categorias de Cobertura do Mapbiomas para Todo o Estado de São Paulo (SP). *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (20), 3124-3127. <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2023/05.17.19.28/doc/156417.pdf>
- Freitas, L. C. da Silva, Cavalcanti, L. C. de S., & Braz, A. M. (2023). Avaliação da acurácia das classes de uso e cobertura da terra do MapBiomas (Coleção 6) para o município de Carpina (PE) [Online]. Caderno Prudentino De Geografia, 2(45), 38–52. <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/9230>
- Fu, Y., Zhu, Z., Liu, L., Zhan, W., He, T., Shen, H., Zhao, J., Liu, Y., Zhang, H., Liu, Z., Xue, Y., & Ao, Z. (2024). Remote sensing time series analysis: A review of data and applications. *Journal of Remote Sensing*. <https://doi.org/10.34133/remotesensing.0285>
- Grande, P. F. R., Santos, P. R. L., & Silva, B. A. (2023). O uso dos dados do MapBiomas para análise de restauração de vegetação na Serra da Mantiqueira. *Revista Territorium Terram*, 6(1), 169–177. https://seer.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5307
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012). Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. (2 ed.).
- Instituto Oikos de Agroecologia. (2015). Programa de Pagamento por Serviços Ambientais para os Mananciais de Abastecimento Público do Trecho Paulista da Bacia do Paraíba do Sul <http://institutooikos.org.br/projetos/DOCUMENTOFINALPSAAGUAVALEDOPARAIBA.pdf>.
- Instituto de Pesquisas Ambientais. (2022). Inventário da cobertura vegetal nativa do Estado de São Paulo.
- Itani, M. R. (2011).. Subsídios ao planejamento ambiental da unidade hidrográfica de gerenciamento de recursos hídricos Paraíba do Sul: UGRHI 02.
- Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. (2006, 22 de dezembro). Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm
- Lemos, C. M. G., Andrade, P. R., Rodrigues, R. R., Hissa, L., & Aguiar, A. P. D. (2021). Combining regional to local restoration goals in the Brazilian Atlantic forest. *Regional Environmental Change*, 21(3). <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01792-0>

- Lemos, C. M. G., Beyer, H. L., Runting, R. K., Andrade, P. R., & Aguiar, A. P. D. (2023). Multicriteria optimization to develop cost-effective pes-schemes to restore multiple environmental benefits in the Brazilian Atlantic forest. *Ecosystem Services*, 60(101515), 101515. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2023.101515>
- MapBiomias. (2021). *Mapeamento Anual da Cobertura e Uso da Terra no Brasil (1985 - 2020): Destaques do mapeamento anual de cobertura e uso da terra do bioma Mata Atlântica entre 1985 a 2020*. https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/12/Fact_sheet_MataAtlantica2021.pdf.
- MapBiomias. (2023). *Descrição da legenda da Coleção 8*. <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/Legenda-Colecao-8-Descricao-Detalhada-PDF-PT-2.pdf>.
- MapBiomias. (2024a). *Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil*. <https://brasil.mapbiomas.org/o-projeto/>.
- MapBiomias. (2024b). *Conheça os passos da metodologia de cobertura e uso da terra*. https://brasil.mapbiomas.org/metodo_cobertura_e_uso/
- Maurano, L. E. P. & Escada, M. I. (2019) Comparação dos dados produzidos pelo PRODES versus dados do Mapbiomas para o bioma Amazônia. *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (19), 735-738. <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/09.06.14.00/doc/97346.pdf>
- Mello, K. de, Fendrich, A. N., Sparovek, G., Simmonds, J. S., Maron, M., Tavares, P. A., Brites, A. D., Rodrigues, R. R., Joly, C. A., & Metzger, J. P. (2021). Achieving private conservation targets in Brazil through restoration and compensation schemes without impairing productive lands. *Environmental Science & Policy*, 120, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.02.014>
- Piffer, P. R., Rosa, M. R., Tambosi, L. R., Metzger, J. -P., & Uriarte, M. (2022). Turnover rates of regenerated forests challenge restoration efforts in the Brazilian Atlantic forest. *Environmental Research Letters*, 17(4), 17(4). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5ae1>
- Resolução SMA nº 86/2017, de 25 de agosto de 2017. (2017, 25 de agosto). Institui o Projeto de Pagamento por Serviços Ambientais para Proteção da Vegetação Nativa - PSA PROTEÇÃO, no âmbito do Projeto Clima e Biodiversidade na Mata Atlântica. <https://smastr16.blob.core.windows.net/legislacao/2017/08/resolucao-sma-086-2017-processo-5839-2017-institui-o-projeto-de-pagamento-por-servicos-ambientais-para-protecao-da-vegetacao-nativa.pdf>
- Ribeiro, M. C., Martensen, A. C., Metzger, J. P., Tabarelli, M., Scarano, F., & Fortin, M.-J. (2011). The Brazilian Atlantic forest: A shrinking biodiversity hotspot. In Zachos, F. & Habel, J. C. (Eds.). *Biodiversity Hotspots* (pp. 405–434). Springer Berlin Heidelberg. http://doi.org/10.1007/978-3-642-20992-5_21
- Ronquim, C. C., Silva, R. F. B., de Figueiredo, E. B., Bordonal, R. O., de C. Teixeira, A. H., Cochask, T. C. D., & Leivas, J. F. (2016). Carbon sequestration associated to the land-use and land-cover changes in the forestry sector in Southern Brazil. *Anais de Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology* (18). <https://doi.org/10.1117/12.2242094>
- Rosa, M. R., Brancalion, P. H. S., Crouzeilles, R., Tambosi, L. R., Piffer, P. R., Lenti, F. E. B., Hirota, M., Santiami, E., & Metzger, J. P. (2021). Hidden destruction of older forests threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. *Science Advances*, 7(4), eabc4547. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc4547>
- Rudel, T. K. (1998). Is there a forest transition? Deforestation, reforestation, and development. *Rural sociology*, 63(4), 533–552.
- Silva, R. F. B., Batistella, M., Moran, E. F., & Lu, D. (2016). Land changes fostering Atlantic forest transition in Brazil: Evidence from the Paraíba valley. *The Professional Geographer: The Journal of the Association of American Geographers*, 69(1), 80–93. <https://doi.org/10.1080/00330124.2016.1178151>
- Silva, I. D. C., Santos, J. S., Santos, A. L. S., Filho, J. T. (2023). Evolução do uso e cobertura das terras

- utilizando produtos do mapbiomas (1986-2021): o caso da sub-bacia no alto rio do Itapecuru, Maranhão. Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (20), 1572-1575. <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2023/05.14.00.21/doc/155934.pdf>
- SOS Mata Atlântica/INPE, 2024. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 2022-2023. Relatório final.
- Williams, B. A., Beyer, H. L., Fagan, M. E., Chazdon, R. L., Schmoeller, M., Sprenkle-Hyppolite, S., Griscom, B. W., Watson, J. E. M., Tedesco, A. M., Gonzalez-Roglich, M., Daldegan, G. A., Bodin, B., Celentano, D., Wilson, S. J., Rhodes, J. R., Alexandre, N. S., Kim, D.-H., Bastos, D., & Crouzeilles, R. (2024). Global potential for natural regeneration in deforested tropical regions. *Nature*, 636(8041), 131–137. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08106-4>