

## **MÉTODOS E TÉCNICAS DE MAPEAMENTO DE MUDANÇAS DO USO DA TERRA E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS**

Gabriela dos Santos Luchetti Vieira<sup>1</sup>  
Valquíria Miwa Hanai-Yoshida<sup>2</sup>  
Roberto Wagner Lourenço<sup>3</sup>

Uso de tecnologia para monitoramento ambiental

### *Resumo*

O manejo do uso da terra é essencial para o ordenamento territorial e a promoção do desenvolvimento sustentável, proporcionando uma base sólida para a conservação ambiental e a gestão eficiente dos recursos naturais. Neste sentido, o estudo tem como objetivo mapear o uso da terra na Região Metropolitana de Sorocaba (RMS) nos anos de 2010 e 2023, analisando as mudanças ocorridas nesse intervalo para identificar os principais ganhos, perdas e persistências. Para isso realizou-se o mapeamento do uso da terra por meio da classificação supervisionada pelo método de Máxima Verossimilhança (MAXVER) em imagens multi espectrais dos satélites Landsat 5 e 8, com acurácia avaliada pelo índice Kappa. As alterações no uso da terra do solo foram analisadas utilizando o software TerrSet, por meio do módulo *Land Change Modeler* (LCM), que permite a visualização das transformações ao longo do período estudado. Os resultados revelaram crescimento significativo da classe floresta, e também de áreas urbanas embora de forma mais contida. Além de perdas significativas em áreas descobertas e pequenas perdas da classe agrícola. As unidades de conservação, em sua maioria, foram menos impactadas, com exceção da APA de Itupararanga, que sofreu degradação pela expansão agrícola. O estudo reforça a importância do monitoramento contínuo das mudanças no uso da terra como ferramenta estratégica para a conservação ambiental e para a formulação de políticas públicas voltadas ao planejamento ambiental.

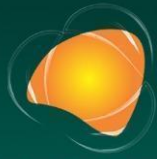
**Palavras-chave:** MAXVER; *Land Change Modeler*; Ordenamento territorial; Geoprocessamento.

---

<sup>1</sup> Mestranda em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba e Mestranda em Processos Tecnológicos Ambientais pela Universidade de Sorocaba (UNISO), [gabriela.luchetti@unesp.br](mailto:gabriela.luchetti@unesp.br).

<sup>2</sup> Profa. Dra. Docente da Universidade de Sorocaba (UNISO), Sorocaba, Programa de Pós-graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais, [valquiria.yoshida@prof.uniso.br](mailto:valquiria.yoshida@prof.uniso.br).

<sup>3</sup> Prof. Dr. Docente da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, [roberto.lourenco@unesp.br](mailto:roberto.lourenco@unesp.br).



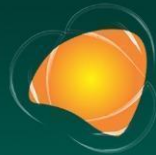
## INTRODUÇÃO

O planejamento territorial possui uma grande relevância para gestão pública, por isso é crucial a obtenção de informações espaciais que visem a produção de planos de manejo e conservação voltados ao desenvolvimento sustentável. As técnicas de monitoramento ambiental têm se tornado importantes ferramentas de apoio à tomada de decisões, com vistas ao planejamento ambiental (LOPES; ALBUQUERQUE; LOURENÇO, 2020).

A pressão das atividades humanas sobre os remanescentes florestais torna imprescindível abordar as mudanças no uso da terra, especialmente em regiões metropolitanas. A Região Metropolitana de Sorocaba (RMS) possui grande influência na economia e no abastecimento de recursos naturais de uma das regiões mais ricas do Estado de São Paulo. As atividades econômicas são diversificadas, com destaque para os setores metalúrgico, têxtil e do agronegócio (BARRETO, 2012; EMPLASA, 2017).

Apesar de fortemente antropizada, a RMS apresenta bons índices de cobertura vegetal, abrigando diversas Unidades de Conservação, com aproximadamente 13,54% de áreas protegidas (EMPLASA, 2017). As mais relevantes são Área de Proteção Ambiental de Itupararanga; os Parques Estaduais Carlos Botelho e Jurupará; a Floresta Nacional de Ipanema e o Parque Municipal Corredores da Biodiversidade (EMPLASA, 2014; JUNIOR et al., 2020; RIBEIRO et al., 2018).

Neste contexto, o diagnóstico e a caracterização do uso da terra representam fundamental etapa para o planejamento ambiental, dado que tais informações são a base para a elaboração de políticas de conservação e preservação ambiental, bem como de geração de planos de ocupação do território voltados a sustentabilidade ambiental e econômica para regiões onde existe uma forte pressão pelo uso dos recursos naturais, em especial os recursos hídricos. Desta forma, esta pesquisa tem o intuito de apresentar o mapeamento do uso da terra da RMS do ano de 2010 e 2023, e se ocorreram mudanças significativas no uso da terra que possam ter contribuído de forma significativa com a conservação e preservação do meio ambiente do ponto de vista socioambiental.



## METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta a Região Metropolitana de Sorocaba (RMS), localizada na região centro-oeste do Estado de São Paulo, a qual é composta por 27 municípios. A RMS faz parte da Macrometrópole Paulista, considerada uma das maiores extensões urbanas do Hemisfério Sul (GONÇALVES et al., 2021).

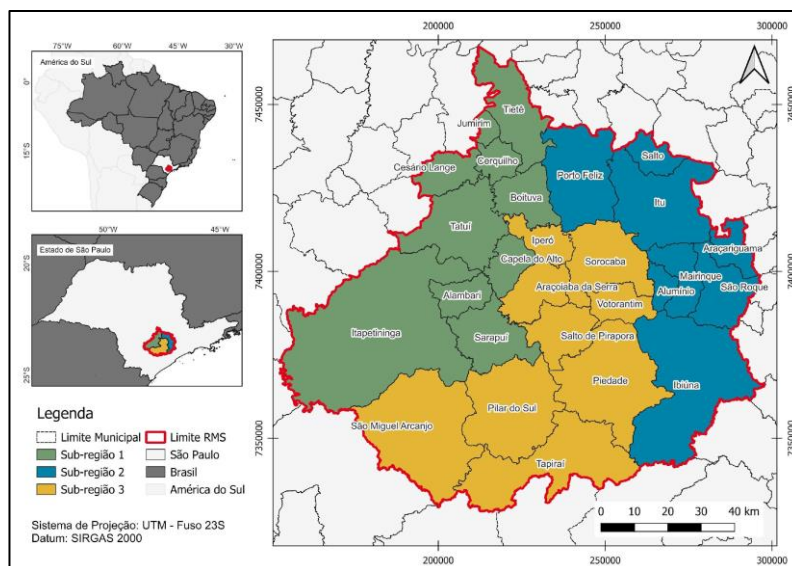


Figura 01: Mapa de localização da área de estudo

De acordo com os dados do SEADE (2023), em 2023 a população da RMS atingiu cerca de 2.194.465 habitantes em uma área territorial de 11.611,48 km<sup>2</sup> com densidade demográfica de 189 hab./km<sup>2</sup>. O PIB da RMS em 2016 alcançou R\$80.598.674,38 bilhões (equivalente a US\$24,7 bilhões), respondendo por 3,95% do PIB paulista.

A classificação climática de Köppen-Geiger, a região possui um clima Cwb, típico de áreas temperadas de montanha, com verões chuvosos e invernos secos. A vegetação primária é composta por uma floresta ombrófila densa, localizada em uma zona de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado (OLIVEIRA et al., 2016; SALLES et al., 2008).

Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental (LABGEMM) do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), e utilizou-se da metodologia apresentada no fluxograma da Figura 2.

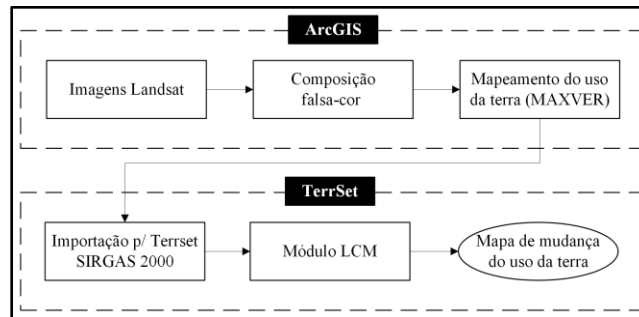
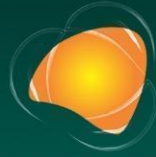


Figura 02: Fluxograma da metodologia adotada.

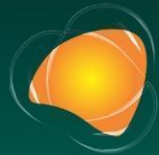
O mapa do uso da terra foi elaborado utilizando a classificação supervisionada pelo método da Máxima Verossimilhança (MAXVER), conforme realizado por Nery et al. (2013), Oliveira et al. (2016), Andrade (2016) e Costa e Pereira (2024). A qual utiliza a média e a variância das amostras de treinamento para determinar a probabilidade de um pixel pertencer a uma classe (LIU, 2007).

Foram utilizadas imagens multiespectrais dos satélites Landsat 5 (sensor TM) e Landsat 8-9 (sensor OLI/TIRS), disponibilizadas pela USGS. Devido à extensão da área de estudo, foi criado um mosaico de 4 cenas por ano, com resolução espacial de 30 metros. As imagens são das órbitas 220 e 219 (pontos 76 e 77) de fevereiro de 2010, e de março de 2023. A correção da reflectância na base da atmosfera (BOA) foi aplicada para melhor análise da cobertura do solo (REZENDE; MARQUES; ROSA, 2017). Foi utilizado o sistema de coordenadas UTM *Sirgas* 2000 encontrada na biblioteca do próprio TerrSet (ClarkLabs, 2020).

Segundo Florenzano (2002) a melhor composição que destaca as classes de corpos hídricos e vegetação em áreas urbanas é a falsa cor, onde são consideradas bandas no comprimento de onda Infravermelho Médio, Infravermelho Próximo e Vermelho, respectivamente.

A partir do descrito no nível I do Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), foram definidas cinco classes temáticas adotadas para elaboração do mapa de uso da terra, sendo elas: Urbana, Agrícola, Floresta, Água e Descobertas.

A precisão do Mapa de uso da terra foi avaliada por meio do índice Kappa, um coeficiente de concordância que verifica a qualidade do mapeamento (COHEN, 1960). Esse índice, que utiliza uma técnica multivariada discreta, realiza uma comparação entre todos os elementos da matriz de confusão para mensurar a exatidão (NERY et al., 2013). O índice Kappa varia entre 0 e 1, e sua classificação segue os critérios estabelecidos por Landis e Koch (1977).



As mudanças do uso da terra foram realizadas por meio do software Terrset (CLARK LABS, 2024), que permitiu avaliar as alterações na cobertura da terra entre os períodos analisados. Conforme aplicados por Costa e Pereira (2024), Pereira et al. (2021) e Agejedad e Houet (2008), utilizou-se o módulo *Land Change Modeler* - LCM seção *Change Maps* para gerar gráficos e mapas a partir da análise de mudanças, permitindo avaliações de ganhos e perdas, mudanças líquidas, persistência e transições específicas da área de estudo no período de 13 anos (2010 a 2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta o mapa de uso da terra da RMS para o ano de 2010 (A) e 2023 (B), o qual apresentou concordância excelente de acordo com o cálculo da acurácia realizado a partir do índice Kappa, que foi o equivalente a 0,818 e 0,868, respectivamente.

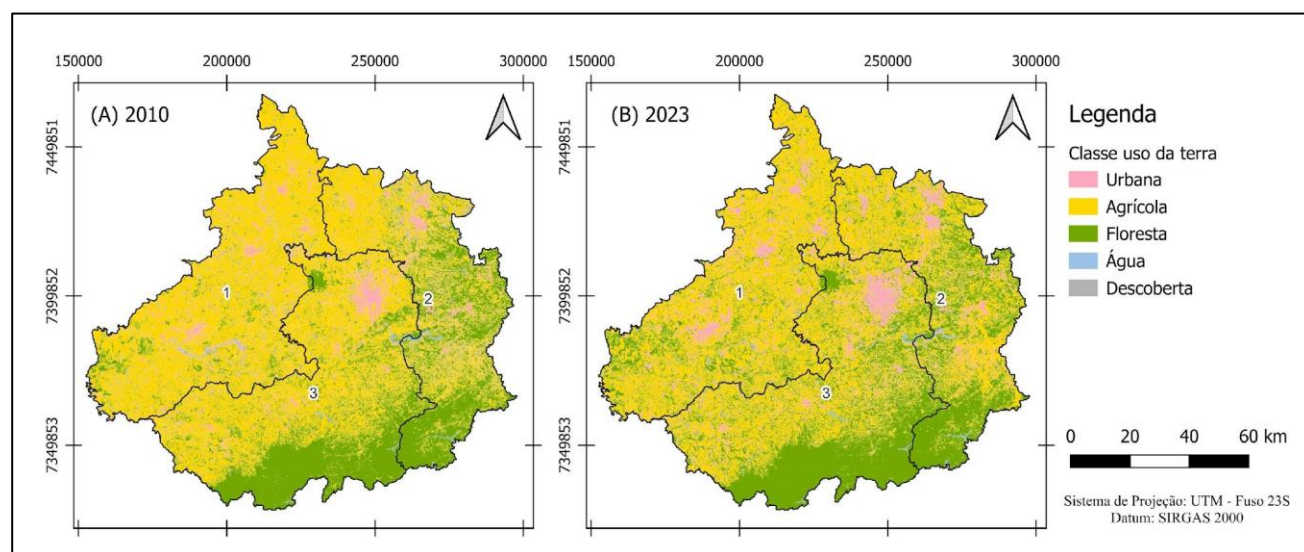


Figura 03: Mapa de uso da terra da RMS em 2010 e 2023

A Figura 4 mostra o gráfico dos valores em porcentagem das classes de uso da terra adotadas neste estudo. A análise dos dados mostra que a atividade agrícola caiu de 60% para 57% da área estudada. Apesar da redução pouco expressiva, a mesma já ocupa área significativa em relação às demais classes de uso da terra. Isso pode ser justificado pela posição da RMS como a segunda maior região agrícola do Estado de São Paulo. Em 2016, o setor empregava mais de 23 mil pessoas, representando 4,66% do total de empregos (RIBEIRO et al., 2018).

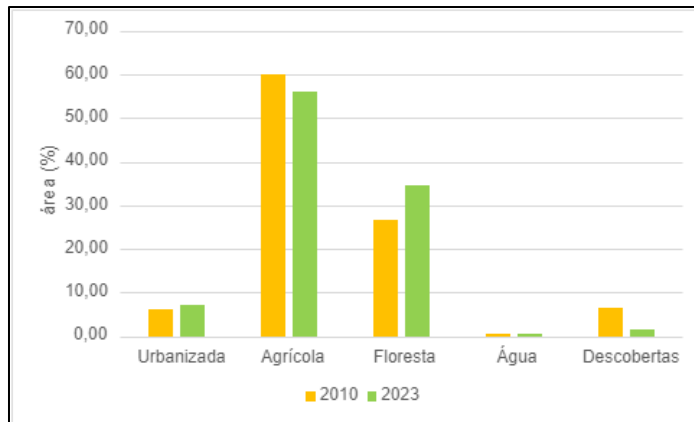
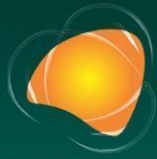


Figura 04: Porcentagem da RMS referente a cada classe

A participação do setor agropecuário na RMS é inferior em relação ao Brasil, mas supera em 37,5% em relação ao estado de São Paulo. Comparada ao Vale do Paraíba e Campinas, a participação é significativamente maior, mesmo apresentando grandes atividades de café e agropecuária. A RMS responde por 20% da produção de hortaliças do estado e 22% do valor bruto da produção. Embora concentre grandes empresas e muitas propriedades agrícolas, há predominância de produção familiar, o que limita a geração de empregos formais e que há a necessidade de investimentos para o desenvolvimento tecnológico e econômico (RIBEIRO et al., 2018).

A classe "Floresta" é o segundo maior uso da terra na RMS, cobrindo 35% da área total e apresentando um crescimento de cerca de 8% desde 2010. Está predominantemente localizada ao sul, especialmente devido à presença da APA Serra do Mar e dos Parques Estaduais Carlos Botelho e Jurupará, todos classificados como unidades de conservação.

APA Serra do Mar visa proteger a extensa Mata Atlântica da serra, uma das áreas mais preservadas da região Centro-Sul do Brasil. Já o Parque Estadual Carlos Botelho visa proteger integralmente flora, fauna e belezas naturais, servindo para fins educacionais, recreativos e científicos. O Parque Estadual do Jurupará, situado em uma antiga reserva extrativista, é um importante corredor ecológico, preservando ecossistemas de grande relevância para pesquisa e educação ambiental e protegendo a bacia hidrográfica do Alto Juquiá (JUNIOR et al., 2020; RIBEIRO et al., 2018).



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

Embora os mapas apresentados não permitam identificar facilmente, outras unidades de conservação desempenham um papel importante na RMS, como as APAs de Itupararanga, Tietê-Jumirim e Cabreúva.

O Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Ibiúna, por exemplo, aponta que a APA de Itupararanga enfrenta pressões devido ao avanço de loteamentos e ao intenso uso agrícola em áreas com alta fragilidade ambiental (SEMA, 2018), na qual é classificada como "Muito Forte", com áreas de remanescentes florestais vulneráveis a impactos negativos das atividades humanas, o que compromete sua resiliência (MAIA JÚNIOR; LOURENÇO, 2020). Embora tenha um plano de manejo, ele não é adequadamente implementado pelos municípios, comprometendo o uso sustentável dos recursos naturais (SOUSA, 2021). Em 2017, a expansão significativa de outras classes de uso da terra, associada à rápida antropização, aumentou os riscos e a degradação das florestas locais (SIMONETTI; SILVA; ROSA, 2019).

Ainda ao norte da RMS é fácil observar a Floresta Natural de Ipanema, pois é uma das maiores parcelas de floresta cercada por atividades urbanas e agrícolas. Administrada pelo ICMBio, sua missão é proteger e restaurar a vegetação nativa da Mata Atlântica e se tornar referência em pesquisas e educação ambiental (ICMBIO, 2024).

As áreas urbanizadas, apesar de possuir um tamanho expressivo representam apenas 7,6% do uso da terra da RMS, é possível observar pontos de concentração espalhados na parte norte, centro-oeste e nordeste do mapa, estes pontos são justamente os centros urbanos dos municípios, o maior deles é pertencente a cidade de Sorocaba e Votorantim localizadas na região centro-oeste da RMS, mas também é possível observar centros urbanos menores como Salto, Itu e Itapetininga.

A análise dos mapas gerados revelou mudanças no uso da terra entre 2010 e 2023 bastante preocupantes do ponto de vista socioambiental. A Figura 5 mostra perdas significativas nas áreas descobertas, enquanto as classes de atividade agrícola e urbana se mostraram mais equilibradas entre perdas e ganhos, e as áreas de floresta foram as de maiores ganhos no período analisado.



EXTR

ROS



Figura 05: Ganhos e Perdas entre 2010 e 2023 em hectares.

A Figura 6a apresenta as áreas que permaneceram inalteradas durante o período de estudo. Já o mapa da Figura 6b mostra o mapa de mudanças no uso da terra no período estudado da RMS.

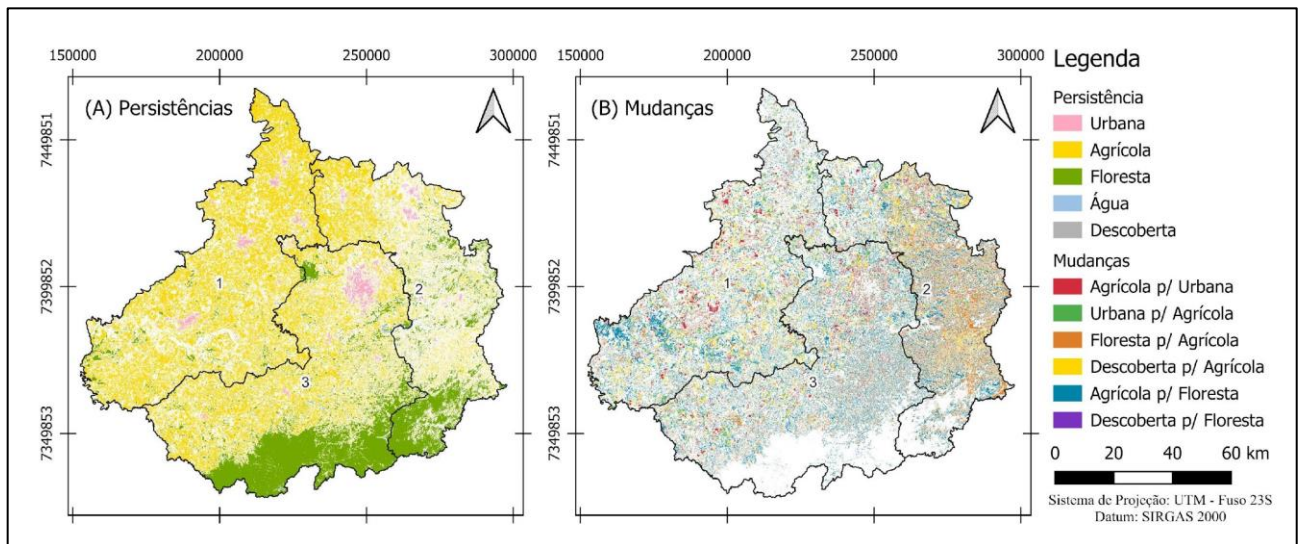


Figura 06: Mudanças e persistências das classes de 2010 para 2023.

Observa-se na Figura 6a uma conversão expressiva de áreas agrícolas para florestas (mata, silvicultura e reflorestamento), sugerindo a manutenção ou recuperação de fragmentos florestais ou áreas de reflorestamento. Também é possível observar uma transição de áreas agrícolas para urbanas, indicando a expansão dos centros urbanos e da infraestrutura na RMS. Além disso, na porção leste da RMS, áreas de floresta foram convertidas em agrícolas, o que é muito preocupante, considerando que essa região abriga diversas unidades de conservação, sugerindo um possível manejo inadequado que permite a expansão agrícola e a perda de floresta.





## EXTREMOS CLIMÁTICOS, IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

A Figura 06, mostra que as regiões sem mudanças no uso da terra (maior persistência), estão associadas a unidades de conservação, como a APA Serra do Mar, APA Itupararanga, a Floresta Nacional de Ipanema, o Parque Estadual Carlos Botelho e Parque Estadual Jurupará. Observa-se também que áreas agrícolas estabelecidas dificilmente se alteram para outras classes. Como esperado, os centros urbanos apresentaram grande persistência, uma vez que sofrem poucas alterações, quando há muito aumento de área ao longo do tempo. Em contraste, as áreas descobertas apresentam maior alteração, ou seja, baixa persistência.

Em seguida, foi elaborado os mapas considerando a análise de ganhos e perdas para as classes agrícola e floresta (Figura 7a-b).

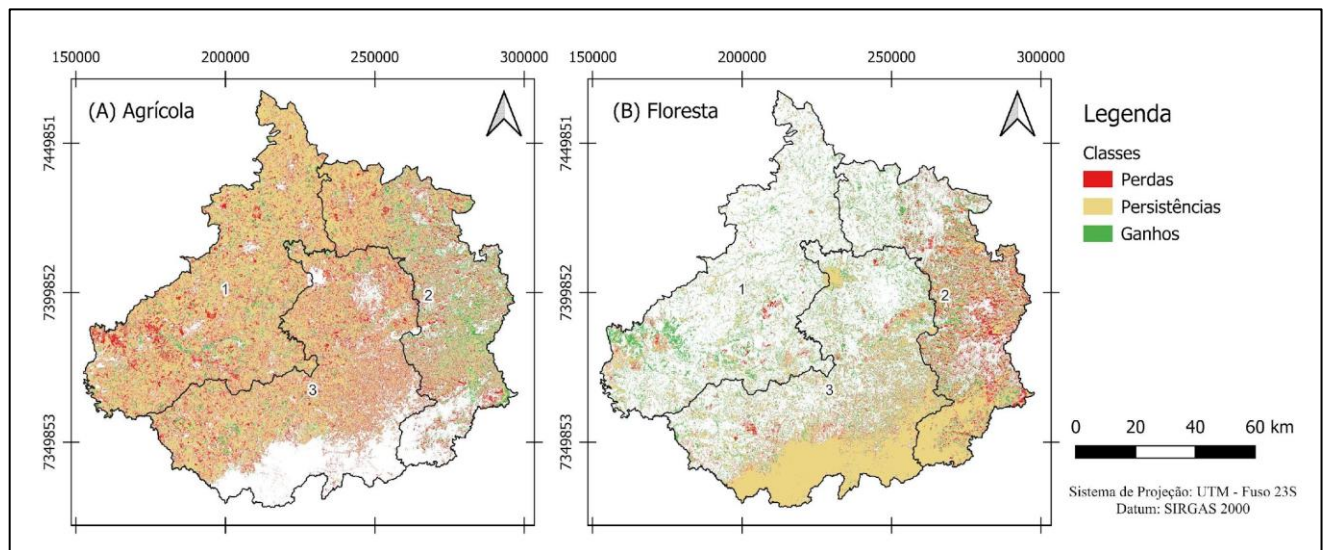


Figura 07: Ganhos e Perdas entre 2010 e 2023 das classes agrícola e floresta.

É possível observar que as áreas agrícolas mantiveram uma alta persistência com ganhos dispersos em quase toda a extensão da RMS. Na porção leste, próximo à APA de Itupararanga, foram registrados alguns ganhos agrícolas, mas também perdas expressivas de floresta, indicando degradação dessa unidade de conservação. Observou-se pequenas perdas isoladas de áreas agrícolas ao longo de toda a região, incluindo a parte sul, onde estão localizadas a Serra do Mar e os parques Carlos Botelho e Jurupará. Essa região, em contrapartida, demonstrou a maior persistência de florestas, seguida de uma área isolada no centro-oeste, onde se encontra a Floresta Nacional de Ipanema.



Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que a RMS apresentou mudanças significativas no uso da terra. As áreas descobertas foram as mais afetadas por perdas desde 2010, abrindo espaço para ganhos nas classes agrícola e floresta. A classe urbana registrou um crescimento, embora pouco expressivo.

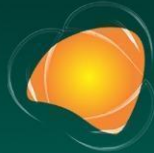
A análise reforça a importância das unidades de conservação, que foram as menos impactadas pela perda de floresta. Exceto a APA de Itupararanga, que enfrentou degradação e transformação antropogênica, evidenciando perdas significativas ao longo dos 13 anos, principalmente devido às atividades agrícolas. Em contraste, outras unidades de conservação, como a Serra do Mar, os parques Carlos Botelho e Jurupará, e a Floresta Nacional de Ipanema, desempenharam um papel crucial na preservação da floresta. A Floresta Nacional de Ipanema, apesar de estar cercada por atividades antropogênicas, manteve-se conservada e apresentou pequenos ganhos, preservando importantes corpos d'água. Esses resultados destacam a importância do monitoramento contínuo do uso da terra, especialmente para a conservação florestal e o controle das atividades agrícolas.

A utilização da ferramenta *Land Change Modeler* (LCM), mostrou-se eficaz e essencial na execução deste estudo. Juntamente com o geoprocessamento, o qual é crucial para a integração de informações espaciais, permitiu a identificação de áreas de conversão e padrões de uso da terra proporcionando uma visão detalhada das transformações no ambiente. Tornando-se tecnologias relevantes e fundamentais para a gestão ambiental.

Os resultados destacam a importância do monitoramento contínuo do uso da terra e das mudanças ao longo dos anos, especialmente para a conservação florestal e o controle das atividades agrícolas. Além disso, esse monitoramento é uma ferramenta que pode orientar políticas públicas para o ordenamento territorial e o desenvolvimento sustentável.

## **A**GRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento: Processo CNPq 440869/2022-6.



**EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS**

AGUEJAD, R.; HOUET, T. **Modeling the Urban Sprawl Using Land Change Modeler on a French Metropolitan Area (Rennes): Forsee the Unpredictable**. Symposium “Spatial Landscape Modelling. *Anais...Toulouse, France: Dynamic Approaches to Functional Evaluations*, 3 jun. 2008.

ANDRADE, F. M. **MAPEAMENTO DO USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UNA – IBIÚNA/SP**. Dissertação (Mestrado)—Sorocaba: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2016.

BARRETO, I. J. O surgimento de novas regiões metropolitanas no Brasil: uma discussão a respeito do caso de Sorocaba (SP). **Espaço e Economia**, n. 1, 31 dez. 2012.

CLARK LABS. **TerrSet 2020 Geospatial Monitoring and Modeling Software**. Disponível em: <<https://clarklabs.org/terrset/>>. Acesso em: 12 set. 2024.

COHEN, J. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, n. 1, p. 37–46, 1 abr. 1960.

COSTA, V. C. DA; PEREIRA, E. DA S. ANÁLISE DE MUDANÇA NO USO DO SOLO NA ZONA DE AMORTECIMENTO DO PARQUE ESTADUAL DA PEDRA BRANCA, CIDADE DO RIO DE JANEIRO – BRASIL. **Caminhos de Geografia**, v. 25, n. 99, 4 jun. 2024.

EMPLASA. **Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado: Panorama Geral**. 2017.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

GONÇALVES, L. R. et al. The Dynamics of Multiscale Institutional Complexes: the Case of the São Paulo Macrometropolitan Region. **Environmental Management**, v. 67, n. 1, p. 109–118, 25 jan. 2021.

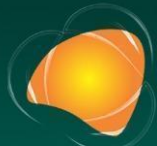
IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2013. v. 1

ICMBIO. **Floresta Nacional de Ipanema**. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/flonaipanema/floresta-nacional-de-ipanema.html>>. Acesso em: 12 set. 2024.

JUNIOR, V. D. DA M. et al. Proteção da biodiversidade, legislação e políticas públicas na região metropolitana de Sorocaba- SP, Brasil, entre 2010 e 2019. **Trayectorias Humanas Trascontinentales**, v. 7, n. 7, 11 maio 2020.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159–74, mar. 1977.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande. Campo Grande: UNIDERP, 2007.



LOPES, E. R. D.; ALBUQUERQUE, J. L.; LOURENÇO, R. W. Environmental similarity of ecologic-economic Zoning proposals in River Basins in Brazil. **BOLETIM GOIANO DE GEOGRAFIA**, v. 40, n. 1, 2020.

MAIA JÚNIOR, L. P.; LOURENÇO, R. W. Impactos das mudanças no uso e cobertura da terra sobre a variabilidade do albedo na bacia hidrográfica do rio Sorocabaçu (Ibiúna - SP). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, n. jul/dez, 2020.

NERY, C. V. M. et al. Avaliação das Técnicas de Classificação MAXVER, MAXVER – ICM e Distância Mínima Euclidiana de acordo com Índice Kappa. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 2, p. 320–328, 5 set. 2013.

OLIVEIRA, R. A. DE et al. Proposição de Corredor Ecológico entre duas Unidades de Conservação na Região Metropolitana de Sorocaba. **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 32, p. 61, 27 dez. 2016.

PEREIRA, E. DA S. et al. Dinâmica de valorização do solo urbano próximo de unidades de conservação – estudo de caso do bairro de Campo Grande, município do Rio de Janeiro. **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 41, p. e169722, 28 abr. 2021.

REZENDE, P. S.; MARQUES, D. V.; ROSA, R. Uso de dados do Sentinel-2 para cálculo de NDVI com base nos valores da reflectância aparente e da superfície. **XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, 2017.

RIBEIRO, F. C. et al. Indicadores Comparados da Produção Agrícola da Região Metropolitana de Sorocaba: Emprego, Renda e Capital Humano. Em: **Economia Brasileira em Debate: Subsídios ao Desenvolvimento**. São Paulo: Editora Blucher, 2018. p. 33–46.

SALLES, M. H. D. et al. Avaliação Simplificada De Impactos Ambientais Na Bacia Do Alto Sorocaba (SP). **REA – Revista de estudos ambientais**, v. 10, p. 6–20, jan. 2008.

SEADE. **SEADE População**. 2023. Disponível em: <<https://populacao.seade.gov.br/>>. Acesso em: 12 set. 2024.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DA PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE IBIÚNA – SEMA. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Ibiúna**. 54 p. 2018. Disponível em: <<https://ibiuna.lle.ge/documentos>>. Acesso em: 12 set. 2024.

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. DA C. E; ROSA, A. H. Proposta metodológica para identificação de riscos associados ao relevo e antropização em áreas marginais aos recursos hídricos. **Scientia Plena**, v. 15, n. 2, 25 mar. 2019.

SOUSA, J. A. P. **Elaboração de um índice de vulnerabilidade ambiental dos fragmentos florestais da mata atlântica**. Tese (doutorado)—Sorocaba: Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021.