

EVOLUÇÃO DA PAISAGEM E ADAPTAÇÃO DO TERRITÓRIO: O CASO DA PLANÍCIE DO RIO JACAREÍ (LITORAL DO PARANÁ) APÓS O EVENTO EXTREMO “ÁGUAS DE MARÇO” DE 2011

Otacílio Lopes de Souza da Paz¹

Erica do Nascimento Silva²

Eduardo Vedor de Paula³

RESUMO: Eventos extremos podem induzir transformações na paisagem que alteram de maneira irreversível dinâmicas ambientais locais e regionais. A planície do rio Jacareí, situada na parte central do litoral do Paraná, foi afetada em março de 2011 por corridas de lama e detritos após um evento extremo pluviométrico. Assim, objetiva-se analisar a evolução da paisagem da planície do rio Jacareí, por meio de mapeamentos multitemporais de uso e cobertura da terra, combinando ferramentas de Geoprocessamento. Verificou-se que a planície passou por uma progressiva perda de vegetação entre 1980 e 2003. A maior e mais extensa transformação foi induzida pelo evento de 2011. A tentativa de retornar ao padrão de uso e cobertura da terra anterior a 2011 intensifica impactos ambientais, demandando ações de ordenamento territorial compatíveis com a nova configuração de paisagem da área.

PALAVRAS-CHAVE: Uso e Cobertura da Terra; Ordenamento Territorial; Litoral do Paraná; Sensoriamento Remoto.

¹ Geógrafo. Doutor em Geografia. Professor na área de Geociências do Centro Universitário Internacional UNINTER. Pesquisador no Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais da Universidade Federal do Paraná (LAGEAMB/UFPR). E-mail: otacilio.paz@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1273-2562>.

² Geógrafa. MBA em Gestão Ambiental. Pesquisadora no Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais da Universidade Federal do Paraná (LAGEAMB/UFPR). E-mail: erica.nascimento@ufpr.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0441-3120>.

³ Geógrafo. Doutor em Geografia. Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Coordenador do Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais da Universidade Federal do Paraná (LAGEAMB/UFPR). E-mail: edugeo@ufpr.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1847-0161>.

LANDSCAPE EVOLUTION AND TERRITORIAL ADAPTATION: THE CASE OF THE JACAREÍ RIVER PLAIN (SOUTHERN BRAZIL) AFTER THE EXTREME EVENT "ÁGUAS DE MARÇO " IN 2011

ABSTRACT: Extreme events can induce transformations in the landscape that irreversibly alter local and regional environmental dynamics. The Jacareí River plain, located in the central part of the Paraná coast (southern Brazil), was affected in March 2011 by mudflows and debris flows following an extreme rainfall event. Thus, the objective is to analyze the evolution of the Jacareí River plain landscape through multi-temporal mapping of land use and land cover, combining Geoprocessing tools. It was observed that the plain underwent a progressive loss of vegetation between 1980 and 2003. The most significant and extensive transformation was induced by the 2011 event. Attempts to return to the land use and land cover pattern prior to 2011 intensify environmental impacts, requiring land-use planning actions compatible with the new landscape configuration of the area.

KEYWORDS: Land cover and Land use; Land use planning; Remote sensing.

EVOLUCIÓN DEL PAISAJE Y ADAPTACIÓN DEL TERRITORIO: EL CASO DE LA LLANURA DEL RÍO JACAREÍ (SUR DE BRASIL) DESPUÉS DEL EVENTO EXTREMO "ÁGUAS DE MARÇO" EN 2011

12

RESUMEN: Eventos extremos pueden inducir transformaciones en el paisaje que alteran de manera irreversible las dinámicas ambientales locales y regionales. La llanura del río Jacareí, ubicada en la parte central de la costa de Paraná (sur de Brasil), se vio afectada en marzo de 2011 por deslizamientos de lodo y escombros después de un evento extremo de lluvia. Por lo tanto, el objetivo es analizar la evolución del paisaje de la llanura del río Jacareí mediante mapeos multitemporales de uso y cobertura del suelo, combinando herramientas de Geoprosesamiento. Se observó que la llanura experimentó una pérdida progresiva de vegetación entre 1980 y 2003. La transformación más grande y extensa fue inducida por el evento de 2011. El intento de volver al patrón de uso y cobertura del suelo anterior a 2011 intensifica los impactos ambientales, requiriendo acciones de ordenamiento territorial compatibles con la nueva configuración del paisaje en la zona.

PALABRAS CLAVE: Cobertura y Uso del Suelo; La planificación del uso del suelo; Costa de Paraná; Detección remota.

INTRODUÇÃO

O processo de ocupação do território brasileiro concentrou-se até meados do século XX na faixa litorânea, sendo a Mata Atlântica, considerado um dos *hotspots* de biodiversidade mundial, o bioma mais afetado (Fonseca, 1985; Morellato; Haddad, 2006; Rezende *et al.*, 2018). Os *hotspots* caracterizam-se pela diversidade de espécies, alto grau de endemismo e elevadas perdas de hábitat (Balmford *et al.*, 2000). Nessa região do Brasil, as áreas de mata nativa deram lugar às cidades, áreas agrícolas, áreas de pastagem, silvicultura e atividades minerárias (Fonseca, 1985; Lira *et al.*, 2012).

Uma estimativa indica que em 2013 o bioma ocupava 28% da sua cobertura original, com aproximadamente 32 milhões de hectares (Rezende *et al.*, 2018). A degradação de áreas naturais inseridas na Mata Atlântica interfere em diversas dinâmicas ambientais, tais como regulação climática, processos erosivos, assoreamento, ciclagem de nutrientes, ciclo do carbono, entre outros (Vieira *et al.*, 2008; Ditt *et al.*, 2010; Paula; Costa; Tabarelli, 2011; Magnago *et al.*, 2014; Scarano; Ceotto, 2015).

A mensuração da substituição de espaços naturais por atividades antrópicas pode ser feita com auxílio de técnicas de Sensoriamento Remoto associadas à Sistema de Informações Geográficas (SIG) (Olofsson *et al.*, 2014; Gómez; White; Wulder, 2016). Através das tecnologias citadas e com auxílio de imagens orbitais e suborbitais atuais e históricas, podem ser realizadas análises espaciais da evolução da paisagem de dada área de interesse, por meio de mapeamentos de uso e cobertura da terra (Zomeni; Tzanopoulos; Pantis, 2008; Olofsson *et al.*, 2014; Haque; Basak, 2017; Barros Júnior *et al.*, 2018; Kabisch *et al.*, 2019).

A cobertura da terra se refere às características físicas da área: vegetação, corpos d'água e elementos antrópicos como cidades e malha viária, enquanto o

uso da terra faz referência à funcionalidade da área para atividades econômicas (IBGE, 2013; Rawat; Kumar, 2015). Estes mapeamentos se dedicam a identificar áreas de atividades antrópicas e áreas naturais, bem como usos atribuídos em determinado recorte espacial, as classificando de acordo com sua tipologia por meio de características distintas em imagens orbitais e suborbitais (IBGE 2013; Olofsson *et al.*, 2014).

Mudanças em curto intervalo de tempo podem ser observadas na paisagem após eventos extremos. São exemplos tsunamis (MELIANDA *et al.*, 2019), terremotos (Ishihara; Tadono, 2017; Volke; Abarca-Del-Rio, 2020), queimadas em grande escala (Badia *et al.*, 2019; Kganyago; Shikwambana, 2020), aumento do nível do mar (Gedan; Epanchin-Niell; Qi, 2020), rompimento de barragem de rejeitos (Omachi *et al.*, 2018), movimentos de massa (Warrick *et al.*, 2019; Zhong *et al.*, 2020), entre outros.

As alterações na paisagem provocadas por eventos extremos, como os citados acima, podem afetar dinâmicas ambientais locais e regionais de maneira irreversível. Impactos ambientais que já ocorriam antes do evento podem ser ampliados se o mesmo padrão de uso da terra for retomado ou até mesmo podem surgir novos impactos.

Um exemplo representativo desse cenário ocorreu na porção central do litoral do Paraná, sul do Brasil, em março de 2011. Nessa ocasião, registrou-se um dos maiores desastres já documentados no Estado. Um acumulado pluviométrico de 321 mm em 24 horas desencadeou uma série de movimentos de massa na Serra do Mar, ocasionando erosão acelerada e assoreamento de drenagens e inundações nas áreas rurais e urbanas dos municípios de Guaraqueçaba, Antonina, Paranaguá e Morretes (Silveira *et al.*, 2014; Zapata; Simiano; Pinheiro, 2016; Defesa Civil, 2019). O evento extremo, chamado pela Defesa Civil do Paraná de “Águas de Março”, causou diversos prejuízos materiais e perdas de vidas,

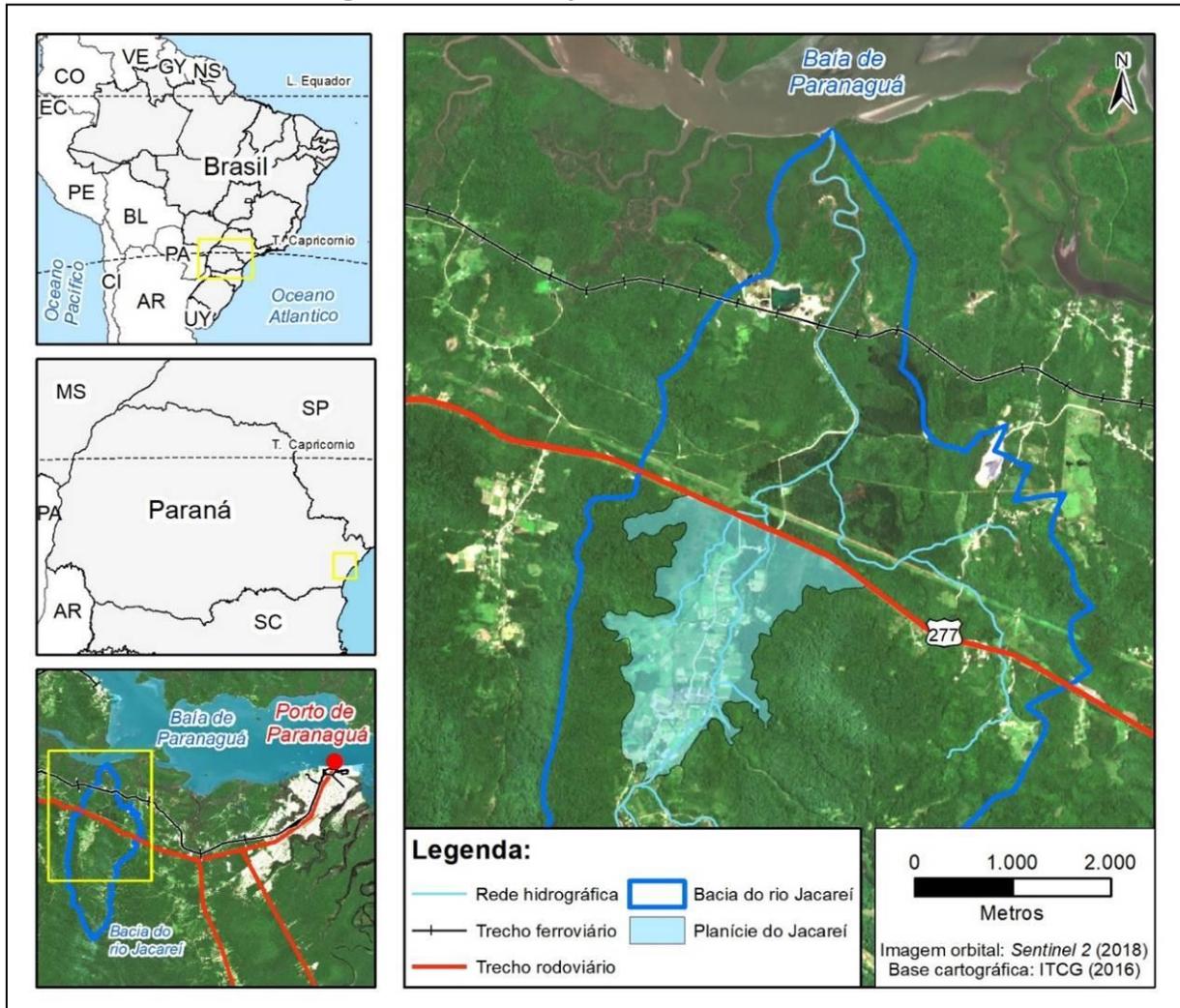
incentivando diversos estudos e proposição de medidas pelo poder público (Zapata; Simiano; Pinheiro, 2016; Defesa Civil, 2019).

A planície do rio Jacareí foi à área mais atingida por este evento (Minerais do Paraná, 2011; Pinto; Passos; Caneparo, 2014). Diversos deslizamentos foram registrados, desencadeando corrida de lama e detritos que atingiram diretamente a planície, gerando extensa inundação com acúmulo de material. Houve destruição de lavouras, rebanhos e edificações, alterando completamente a paisagem da área (Pinto; Passos; Caneparo, 2014; Zai *et al.*, 2017).

Em visitas de campo na planície (2019) verificou-se que as áreas de cultivo/pastagem foram retomadas, assim como houve a reabertura do canal do rio Jacareí (antes assoreado), destacando a preocupação supracitada sobre os impactos ambientais. Diante do exposto, objetiva-se analisar a evolução da paisagem da planície do rio Jacareí por meio de mapeamentos multitemporais de uso e cobertura da terra. Com os resultados, serão apresentadas discussões acerca dos possíveis impactos ambientais decorrentes das mudanças antrópicas e naturais na paisagem na planície, além de recomendações voltadas à gestão ambiental do território considerando à nova paisagem da área.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A área de estudo corresponde a um trecho da planície do rio Jacareí, situada entre a rodovia BR 277 e a cota altimétrica de 20 metros, somando 360 hectares. A área está inserida no limite dos municípios de Morretes e Paranaguá, abrangendo a comunidade de Floresta (Figura 1). Esta foi à área mais atingida pela inundação e deposição sedimentar após o evento extremo de 11/03/2011.

Figura 1 – Localização da área de estudo.

Fonte: Elaboração dos autores (2023).

Base de Dados Geoespaciais

Foi gerada uma base de dados geoespaciais (BDG) conforme proposta de Paz, Dal Pai e Paula (2020). Foram coletadas fotografias aéreas, ortofotos e imagens orbitais de diversos anos para a área de estudo. As imagens utilizadas e suas características são apresentadas no Quadro 1. Os dados foram organizados na projeção UTM – fuso 22 S (EPSG: 31981), datum SIRGAS 2000.

Quadro 1 - Lista de imagens orbitais e suborbitais utilizadas na pesquisa: Imagens usadas para análise visual, apenas; Imagens usadas para mapeamento de uso e cobertura da terra; Imagem utilizada para o georreferenciamento.

Imagens orbitais e suborbitais	Mês/Ano	Cor	Resolução / Escala	Pontos de controle	Fonte	RMS
Fotografias aéreas Cod. 31923, 33424 e 33425	1953	Pancromática	2m/1:25.000	8	ITCG	8,942
Fotografias aéreas Cod. 5902, 5904, 5928 e 5926	1962	Pancromática	4m/1:70.000	12	ITCG	9,582
Fotografia aérea Cod. 51419, 51418, 51449 e 51450	Jun./1980	Pancromática	2m/1:25.000	25	ITCG	1,122
Ortoimagem Cod. 2858-2 NO	1994	Pancromática	1,25m/1:25.000	24	ITCG	1,025
Fotografia aérea Cod. 1917, 1918, 1956 e 1955	Abr./2003	Colorida	1m/1:25.000	26	ITCG	1,156
Imagem orbital World View 1	Mai./2011	Colorida	1m	25	Secretaria urbanismo da prefeitura Paranaguá	0,896
Ortoimagem 227307180, 227307175, 227307170, 227307165 e 227357175	Nov./2015	Colorida	1m/1:10.000	-	ITCG	-
Imagem orbital World View 3	Set./2018	Colorida	1m	25	Acervo Google Earth	0,899

Fonte: Organização dos autores (2023).

As fotografias aéreas de 1953, 1962, 1980 e 2003 foram submetidas a processo de ortoretificação utilizando algoritmo SFM (*structure from motion*) no software *OpenDroneMap* (ODM). Antes da aplicação das fotografias no software, foram aplicadas correções de orientação, remoção das marcas fiduciais e padronização do número de linhas e colunas (Ma; Broadbent; Zhao, 2020). Os ortomosaicos gerados nesta etapa não apresentavam referência espacial, sendo corrigido posteriormente.

As ortofotos de 1994 já se encontravam ortorretificadas e georreferenciadas, sendo necessário somente a junção das imagens (mosaico) e conversão do datum SAD 69 para SIRGAS 2000, ambas as fases realizadas no *software* ArcGIS 10.5, módulo ArcMap. A imagem orbital de 2011 foi adquirida via ofício institucional enviado à secretaria de urbanismo da prefeitura de Paranaguá. As imagens do acervo Google Earth foram adquiridas no *software* Google Earth Pro 7.3. Foram coletadas imagens de setembro de 2018 (Google Earth, 2020).

Tanto os ortomosaicos gerados com as fotografias aéreas, como as imagens do acervo Google Earth foram georreferenciadas a partir das ortofotos de 2015 (Quadro 1) disponibilizadas pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências do Paraná (ITCG – atual Instituto Água e Terra – IAT), sendo esta atribuída na escala 1:10.000 do padrão A do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG). Em média, foram utilizados 25 pontos de controle em cada imagem, apresentando erro quadrado médio (RMS) próximo a 1 (Quadro 1).

Não foram encontrados pontos de controle suficientes entre os ortomosaicos de 1953 e 1962 e as ortofotos de 2016, apresentando ambos RMS muito acima do aceito para um trabalho de mapeamento (considerado aqui como aproximadamente 1). Assim, estes produtos cartográficos foram utilizados apenas para análise visual, não sendo extraídos mapeamentos de uso e cobertura da terra.

Seguindo as recomendações do manual técnico de uso da terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as classes de mapeamento foram divididas em quatro grupos: Áreas Antrópicas Não Agrícolas, Áreas Antrópicas Agrícolas, Áreas de Vegetação Natural e Água (Quadro 2 e Quadro 3).

Em função das particularidades da planície, sobretudo para a imagem após o evento extremo registrado em 2011, optou-se pela criação de um novo grupo

chamado Áreas Afetada pelos Movimentos de Massa (Quadro 4). Em cada grupo foram definidas classes de mapeamento, conforme os levantamentos de dados, informações da área e visita inicial em campo.

Quadro 2 – Classes de mapeamento dos grupos Áreas Antrópicas não agrícolas e Água.

Áreas Antrópicas Não Agrícolas				
Classes	Descrição	Características		Visão vertical
Acesso viário	Rodovias e estradas vicinais, pavimentadas ou não.	Forma:	linear	
		Cor:	branco/cinza	
		Tamanho:	pequeno	
		Textura:	lisa	
		Var. altura:	não	
		Posição:	próximo à rodovia, edificações ou áreas de cultivo	
Área de mineração	Áreas abertas com edificações e a presença de areia acumulada. Comprovadas em campo.	Forma:	irregular	
		Cor:	branco/cinza	
		Tamanho:	pequeno	
		Textura:	lisa	
		Var. altura:	sim	
		Posição:	próximo à rodovia, acesso viário ou rio	
Água				
Classes	Descrição	Características		Visão vertical
Corpos d'água	Áreas com água, de origem natural ou antrópica.	Forma:	irregular	
		Cor:	azul escuro ou preto	
		Tamanho:	pequeno	
		Textura:	lisa	
		Var. altura:	não	
		Posição:	próximo à cobertura florestal e áreas agrícolas	

Fonte: Organização dos autores (2023).

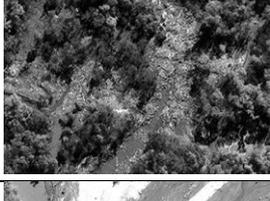
Quadro 3 - Classes de mapeamento dos grupos de Áreas Antrópicas Agrícolas e Áreas de Vegetação Natural.

Áreas Antrópicas Agrícolas				
Classes	Descrição	Características		Visão vertical
Áreas de cultivo	Plantações temporárias ou permanentes, nos portes herbáceo, arbustivo ou arbóreo.	Forma:	retangular	
		Cor:	laranja, verde ou roxa	
		Tamanho:	grande	
		Textura:	lisa com linhas	
		Var. altura:	não	
		Posição:	próximo à rodovia, acesso viário ou edificações	
Áreas abertas/ Pastagem	Áreas sem vegetação e sem plantações. Podem ser usadas para pastagem ou área em repouso após plantações.	Forma:	irregular	
		Cor:	verde	
		Tamanho:	grande	
		Textura:	lisa	
		Var. altura:	não	
		Posição:	próximo à cobertura florestal ou áreas de cultivo	
Solo exposto	Áreas com solo exposto, sem vegetação ou plantações de nenhum porte.	Forma:	Irregular	
		Cor:	branco, marrom	
		Tamanho:	grande	
		Textura:	lisa	
		Var. altura:	não	
		Posição:	próximo a vias de acesso e rio Jacareí	
Áreas de Vegetação Natural				
Classes	Descrição	Características		Visão vertical
Cobertura florestal	Vegetação nativa em porte arbóreo.	Forma:	irregular	
		Cor:	verde	
		Tamanho:	grande	
		Textura:	rugosa	
		Var. altura:	sim	
		Posição:	próximo à área de cultivo e corpos d' água	
Área úmida	Áreas úmidas com presença de vegetação em porte arbustivo ou herbáceo.	Forma:	irregular	
		Cor:	verde claro	
		Tamanho:	grande	
		Textura:	rugosa	
		Var. altura:	não	
		Posição:	próximo à cobertura florestal	

Fonte: Organização dos autores (2023).

Quadro 4 – Classes de mapeamento dos grupos Áreas afetada pelos movimentos de massa.

Área afetada pelos movimentos de massa			
Classes	Descrição	Características	Visão vertical

Área afetada com cultivo	Plantações e áreas abertas/pastagem coberta por lama após eventos de movimentos de massa.	Forma:	irregular	
		Cor:	branco/cinza	
		Tamanho:	grande	
		Textura:	rugosa	
		Var. altura:	não	
		Posição:	em toda a planície fluvial	
Área afetada florestada	Floresta nativa afetada pela inundação induzida por movimentos de massa.	Forma:	irregular	
		Cor:	cinza escuro	
		Tamanho:	grande	
		Textura:	rugosa	
		Var. altura:	sim	
		Posição:	próximo à área florestada	
Blocos	Áreas com depósito de blocos rochosos oriundos de movimentos de massa.	Forma:	irregular	
		Cor:	branca ou cinza	
		Tamanho:	grande	
		Textura:	rugosa	
		Var. altura:	não	
		Posição:	próximo ao rio	
Material lenhoso acumulado	Áreas com restos de árvores removidas pela inundação induzida pelos movimentos de massa.	Forma:	irregular	
		Cor:	cinza ou preto	
		Tamanho:	grande	
		Textura:	rugosa	
		Var. altura:	não	
		Posição:	próximo à área florestada	
Sedimentos fluviais	Leito do rio Jacareí assoreado após movimentos de massa.	Forma:	irregular	
		Cor:	cinza claro	
		Tamanho:	grande	
		Textura:	lisa	
		Var. altura:	não	
		Posição:	próximo ao rio	

Fonte: Organização dos autores (2023).

A vetorização da cobertura e uso da terra nos diferentes anos foi realizada no ArcMap, com escala de visualização (ou de tela) fixada em 1:15.000. O processo de vetorização consistiu na fotointerpretação das imagens coletadas, identificação de áreas com características semelhantes e posterior vetorização em formato poligonal, conforme chave de interpretação indicada no Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4.

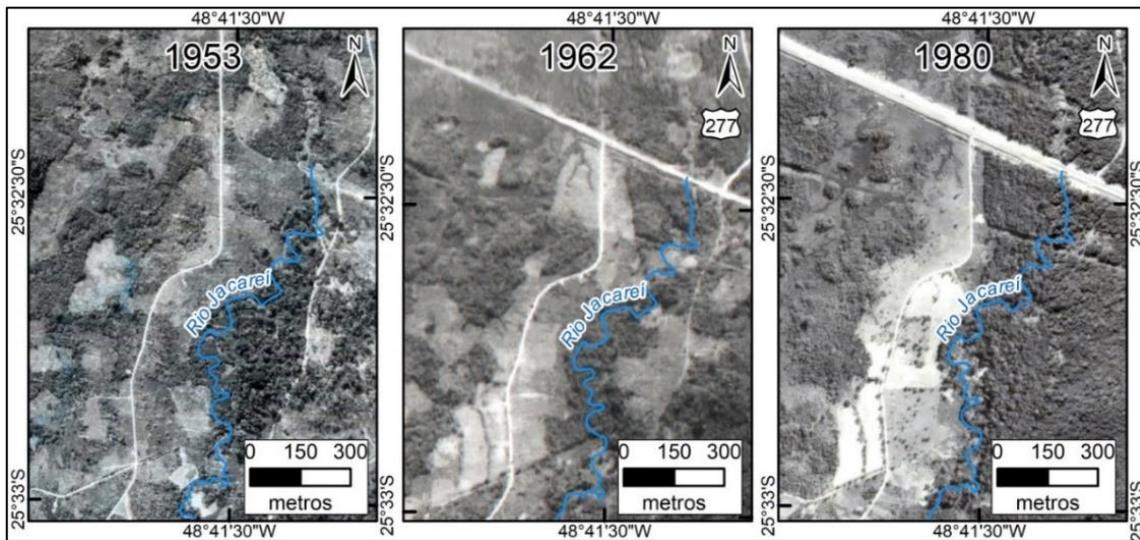
Com a finalização do processo de vetorização, foi realizada a avaliação da consistência lógica entre os polígonos gerados, visando eliminar erros de sobreposição (*overlap*) ou vazios (*gaps*) (Paz; Dal Pai; Paula, 2020). Foram realizadas coletas de pontos em campo para comparação com os mapeamentos

produzidos, auxiliando no refinamento da vetorização. Os pontos foram coletados com o aplicativo Oruxmap nos dias 22/05/2019 e 06/06/2019.

Após a conclusão dos mapeamentos, foram mensuradas as áreas de cada classe de uso e cobertura da terra e realizada uma tabulação cruzada para analisar a variação espaço-temporal de cada classe. Consultas à literatura foram realizadas com o intuito de se inferir possíveis impactos ambientais decorrentes das transformações da paisagem na planície do rio Jacareí.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise espacial executada permitiu verificar que a evolução da paisagem na planície do rio Jacareí ocorreu de forma descontínua, com alternância de diferentes tipos de cobertura e uso. As fotografias aéreas de 1953 e 1962 mostram que no passado a planície possuía um número maior de áreas desmatadas, possivelmente destinadas a atividades agrícolas e/ou pastagens. Em 1962 pode-se observar uma via de acesso cortando a planície de leste a oeste, o que viria a ser futuramente a rodovia BR 277, inaugurada em 1969 (Figura 2).

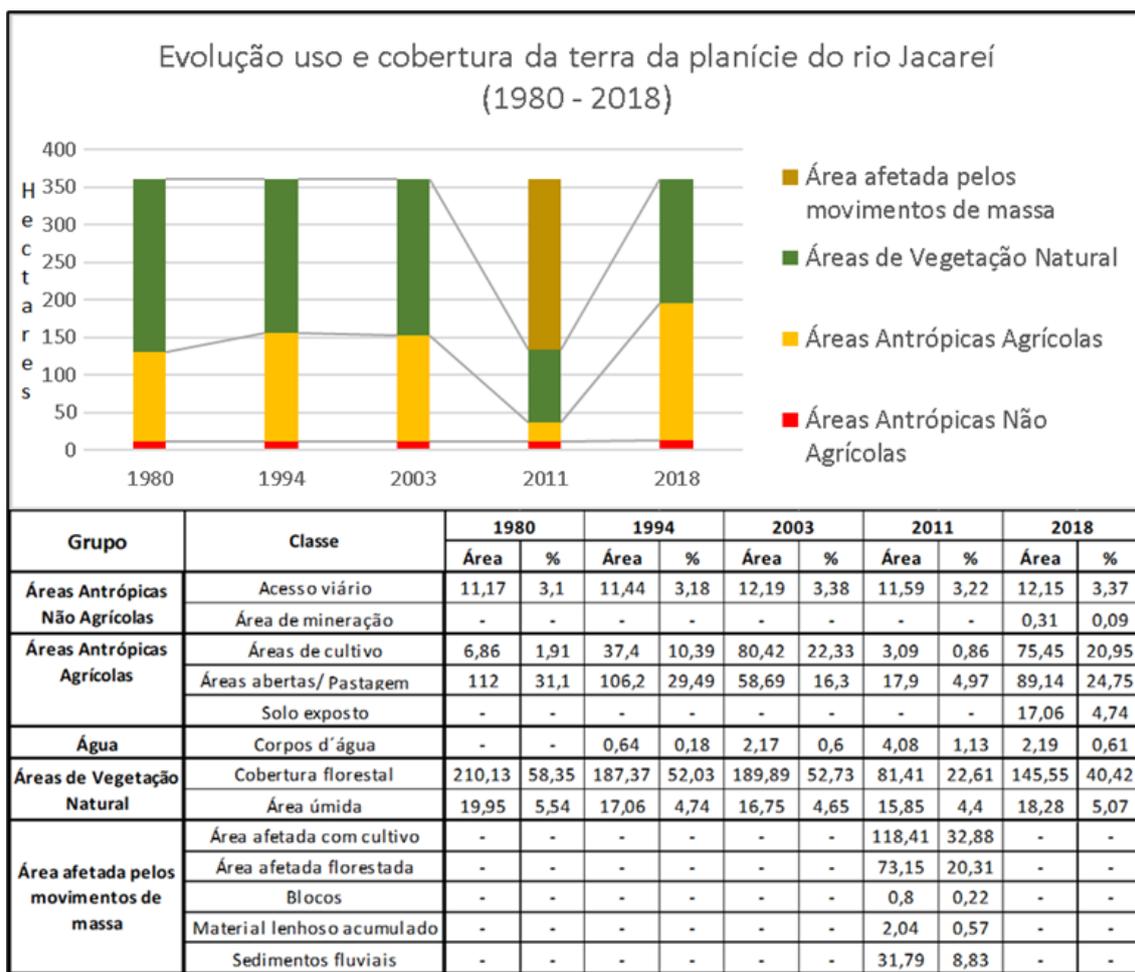
Figura 2 – Aumento das áreas de vegetação entre 1953 e 1980.

Fonte: ITCG (1953, 1962 e 1980). Organização dos autores (2023).

Também foi identificado que em 1953 a área apresentava uma maior densidade viária. Entre 1953 e 1980, observa-se um aumento das áreas de vegetação, principalmente próximo ao rio Jacareí. Situação semelhante foi identificada na planície do rio Sagrado (Morretes – PR), que na década de 1950 estava com uma maior concentração de áreas destinadas a agricultura ou pecuária (Mesquita, 2011).

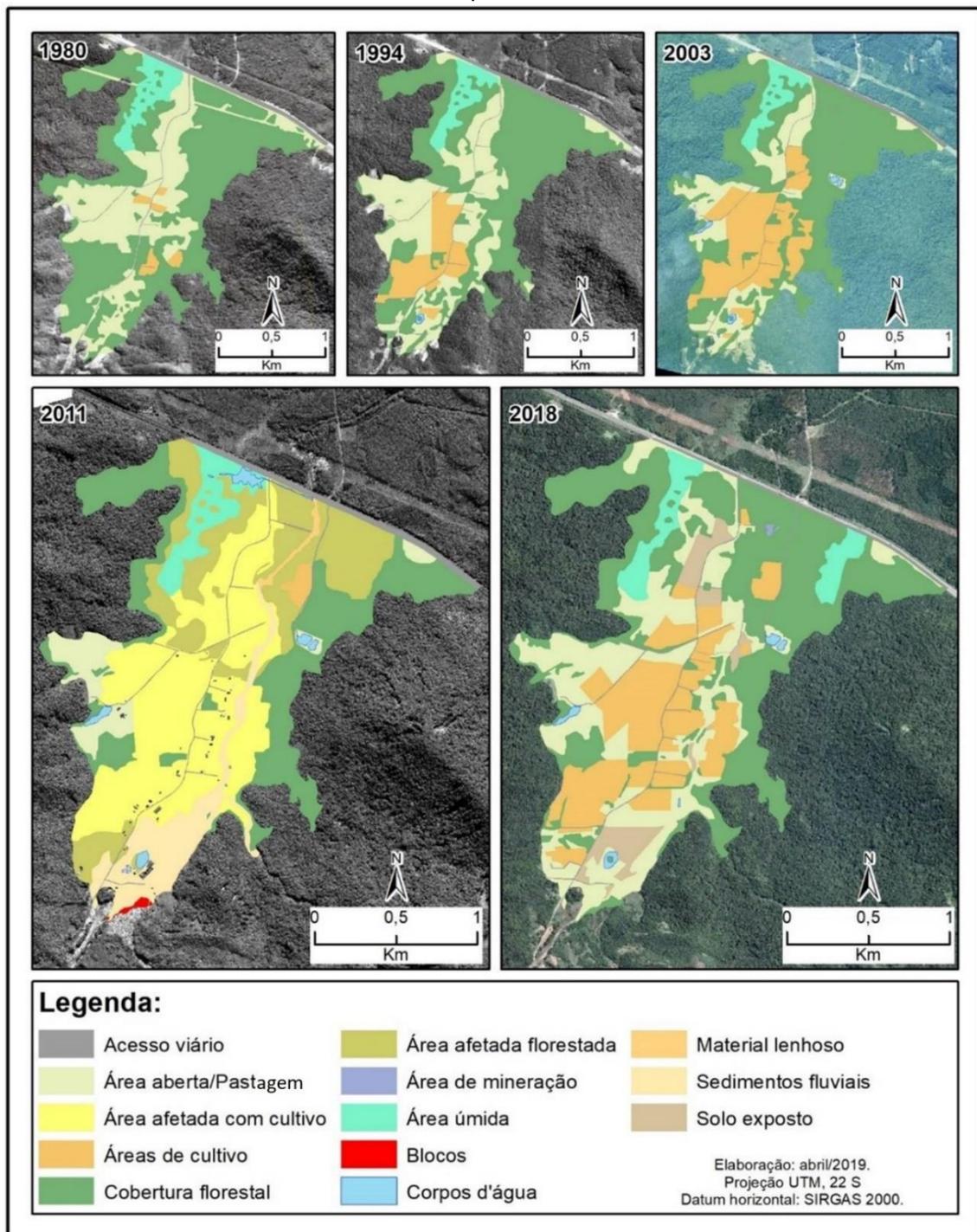
A síntese da tabulação das classes mapeadas é apresentada na Figura 3, enquanto os mapas elaborados são apresentados na Figura 4. Em 1980 a planície do rio Jacareí apresentava 58% de sua área com cobertura florestal. Somado com a área úmida mapeada, a planície era composta por aproximadamente 63,89% de áreas de vegetação natural distribuída ao longo dos sopés das vertentes e em partes centrais da planície.

Figura 3 – Síntese da tabulação das classes mapeadas.



Fonte: Organização dos autores (2023).

Figura 4 – Mapeamentos de uso e cobertura da terra na planície do rio Jacareí no recorte temporal analisado.



Fonte: Organização dos autores (2023).

Em 1980 a paisagem do rio Jacareí registrava a maior concentração de áreas de vegetação natural no período analisado. Áreas desmatadas (áreas abertas/pastagem + áreas de cultivo) ocupavam aproximadamente 33% da

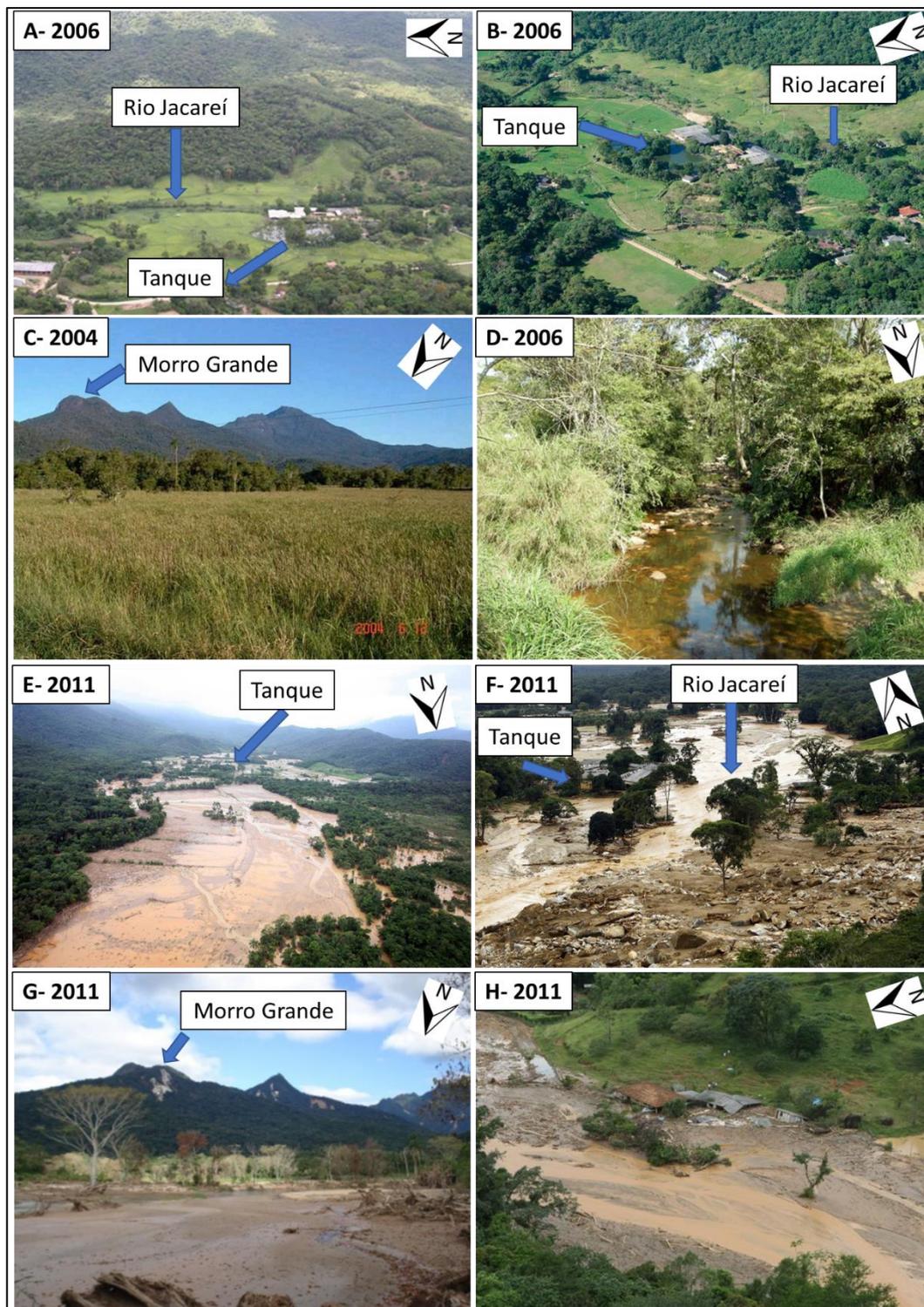
planície em 1980, concentrando-se nas porções centrais, predominando as áreas abertas/pastagem (31,1%).

Entre 1980 e 2003 observa-se uma progressiva perda de vegetação porquanto o crescimento das áreas antrópicas agrícolas e áreas antrópicas não agrícolas. Em 1994 a planície era ocupada por 56,5% de áreas de vegetação natural, enquanto as áreas antrópicas agrícolas apresentaram ganhos de 7,39% em área, totalizando 39,88% da planície. Áreas abertas/pastagem ainda predominavam, ocupando 29,49% da planície, embora cedendo espaço para áreas de cultivo (10,39%).

Em 2003 a planície era ocupada por 22,33% de áreas de cultivo, enquanto áreas abertas/pastagem estavam em 16,30% da planície, totalizando 38,63% de áreas antrópicas agrícolas. Observa-se também a instalação de tanques e ampliação das áreas de acesso viário, totalizando 42,61% da área da planície ocupada por atividades antrópicas. Esta situação representa a planície antes do evento de 2011 (Figura 5), com paisagem predominantemente rural, com diversas atividades agrícolas/agropecuária e áreas de vegetação próximas ao sopé das vertentes e as margens do rio Jacareí, que apresentava padrão meandrante.

A mais intensa e extensa transformação na paisagem da planície foi observada em março de 2011. Diversos deslizamentos de terra, em sua maior parte translacionais, foram registrados nas vertentes da bacia hidrográfica do rio Jacareí (Defesa Civil, 2019). Corridas de lama e detritos foram geradas, inundando grande parte da planície a jusante (Figura 5). O aterro da rodovia BR 277 atuou como uma barragem para a inundação, entulhando lama, detritos e material lenhoso na  rea. Em questão de horas, a ponte da rodovia BR 277 cedeu devido ao acúmulo de material, com o fluxo da inundação se deslocando para a ba ia de Antonina.

Figura 5 – A até D: paisagens observadas na bacia do rio Jacareí antes do evento de 2011. E até F: paisagens observadas na bacia do rio Jacareí imediatamente após o evento de 2011.



Fonte: A, B e D - Cabanha NSA. C - Myrtlau. E) Rogério Machado/SECJ; F) Orlando Kissner/AENotícias; G) Minerais do Paraná (2011); H) Anieli Nascimento/Gazeta do Povo. Organização dos autores (2023).

Após o esvaziamento da planície, depósitos foram formados a partir de sedimentos, detritos e matéria orgânica. A espessura dos depósitos formados varia entre 30 e 60 cm (Minerais do Paraná, 2011). A inundação afetou aproximadamente 226 hectares da planície, cerca de 63% da área (Figura 5E). As áreas de cultivo e áreas com cobertura florestal foram as mais afetadas pelo evento (Figura 5E e Figura 5G). O trecho montante do rio Jacareí na planície foi totalmente assoreado (Figura 5F), com sulcos de drenagem formados após o esvaziamento da planície com o rompimento da ponte na BR 277 (Figura 5H).

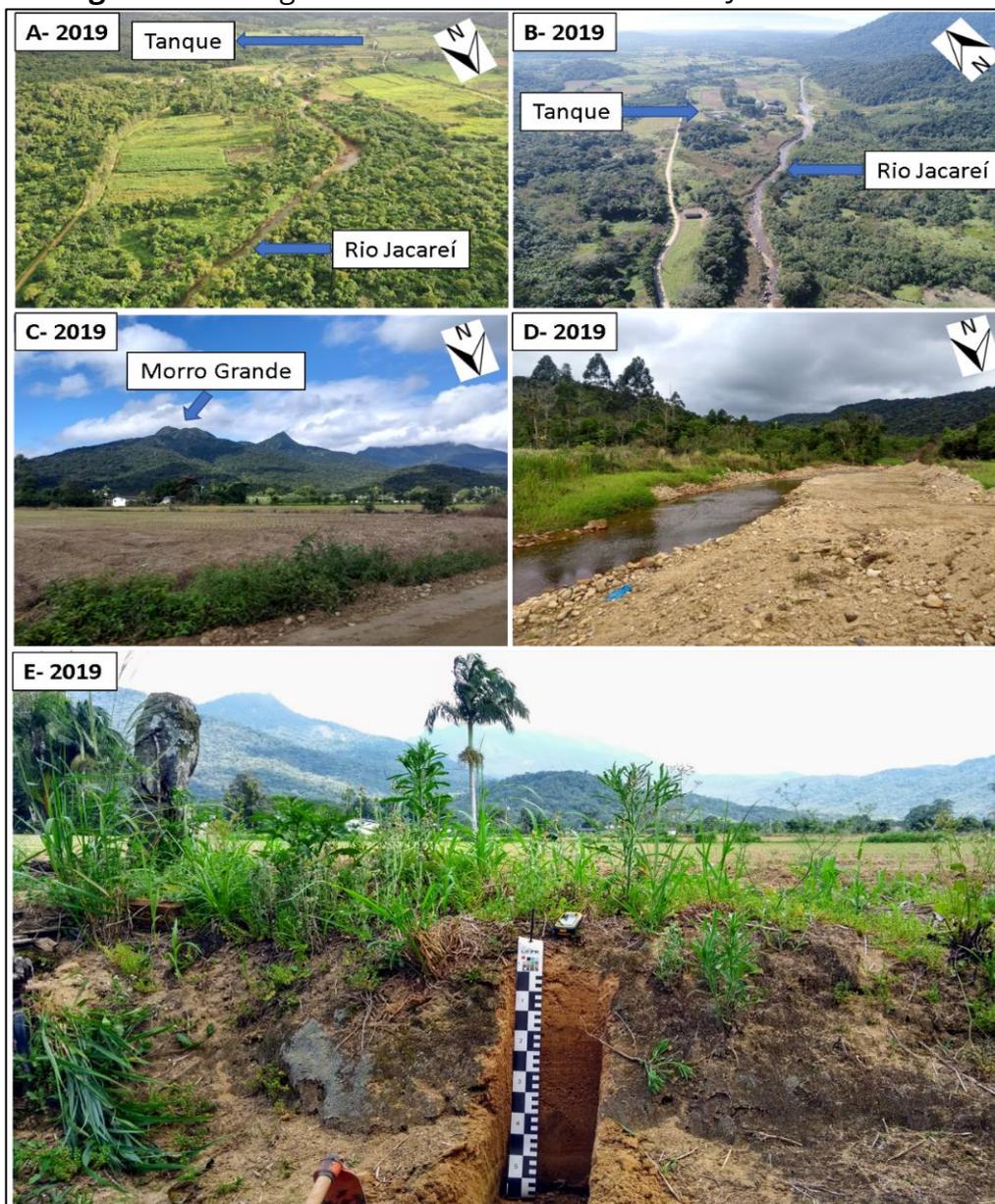
Cabe destacar a excepcionalidade deste evento. Embora este processo faça parte da gênese da planície costeira, com deslizamentos observados nos anos anteriores em áreas próximas (Silveira; Fiori; Oka-Fiori, 2005; Cunico, 2007; Mikosik *et al.*, 2009), as dimensões alcançadas por este evento surpreendem. As porções de serra da bacia hidrográfica do rio Jacareí apresentavam elevado grau de vegetação. Também foi registrado em 2011 um evento com magnitude semelhante na região serrana do Rio de Janeiro, também com entulhamento de sedimentos na planície (Dourado; Arraes; Fernandes, 2012).

O evento ganhou destaque nos veículos de comunicação do Paraná e logo medidas pelo poder público foram tomadas como autorizações para reabertura da principal via de acesso à área, desassoreamento do canal e retirada do material lenhoso acumulado (Carriel, 2011; Leitóles; Geron; Almeida, 2011; Paraná, 2011a, 2011b, 2011c).

Tais medidas citadas na esfera estadual e municipal e até mesmo pelos moradores visaram de alguma forma recuperar a área. Uma paisagem profundamente afetada como a planície do rio Jacareí em 2011 exige a revisão do ordenamento territorial da área, visto alterações nas dinâmicas ambientais ocasionadas pelo evento.

Contudo, com o passar dos anos, as atividades antrópicas agrícolas foram retomadas na planície e até ampliadas, passando para 182 hectares, cerca de aproximadamente 50%, com incremento de áreas de solo exposto (Figura 6A e Figura 6C). Por meio de campanhas de campo, verificou-se que estas áreas agrícolas foram estabelecidas sobre os depósitos formados em 2011 (Figura 6E). Também foi observada a instalação de um areial próximo à ponte da rodovia BR 277 sobre o rio Jacareí.

Figura 6 – Paisagens observadas na bacia do rio Jacareí em 2019.

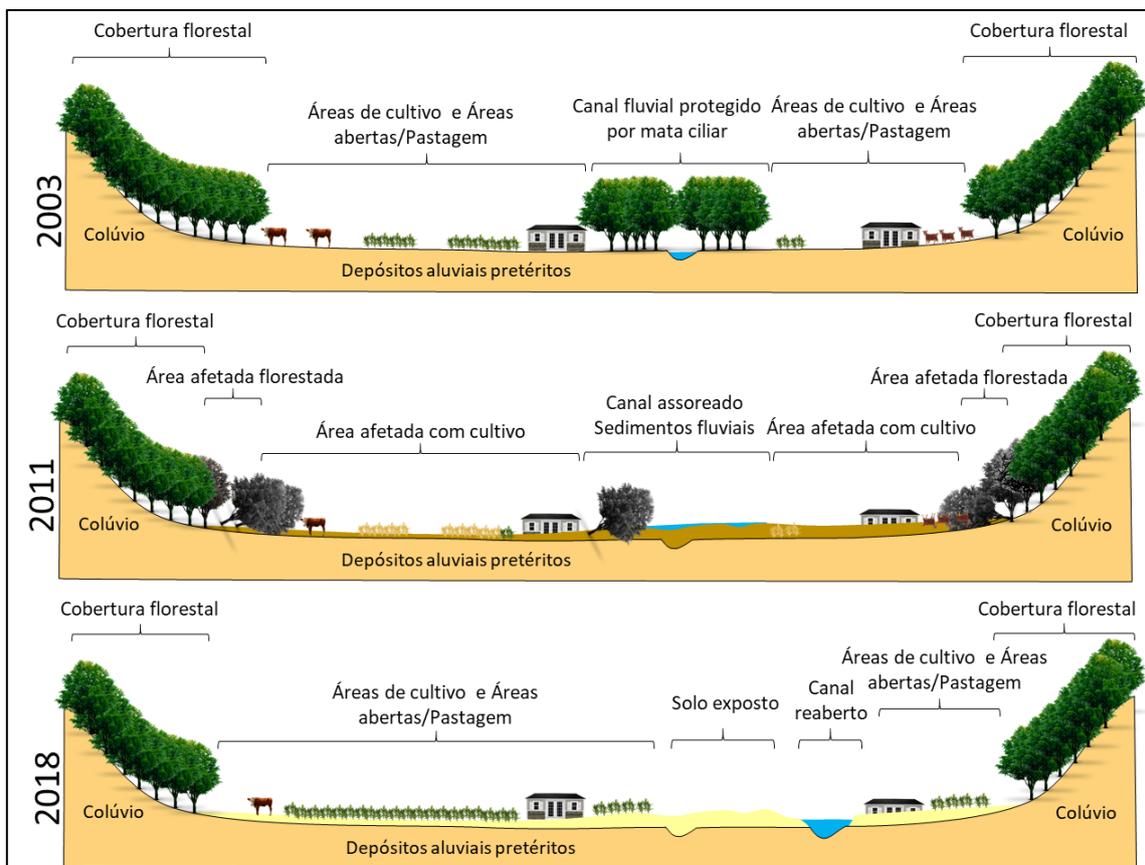


Fonte: A, C, D e E (Autores, 2019). B) Luciano Mysczak. Organização dos autores (2023).

A expansão das atividades antrópicas agrícolas denota relação direta com as perdas de vegetação arbórea ao longo dos sopés das vertentes, fragmentos nas porções centrais da planície e em parte da mata ciliar do rio Jacareí (Figura 6B e Figura 6D). Também foi observado a reabertura do canal do rio Jacareí, antes assoreado, sendo o mesmo transferido cerca de 50 metros para leste em alguns trechos.

Os impactos ambientais na planície do rio Jacareí decorrentes da dinâmica de cobertura e uso da terra são divididos em três momentos (Figura 7). A paisagem de 2003 refletia um processo de progressiva perda de vegetação para áreas de cultivo e pastagens. A literatura aponta que este processo acarreta perda de biodiversidade, perdas de habitats, ampliação e intensificação de processos erosivos, empobrecimento do solo, assoreamento, entre outros.

Figura 7 – Síntese da evolução da paisagem na planície do rio Jacareí.



Fonte: Organização dos autores (2023).

Vale salientar que a questão do assoreamento não se limita aos canais fluviais, mas no caso estudado se estende à baía de Antonina (pertencente ao Complexo Estuarino de Paranaguá – CEP), foz do rio Jacareí. A progressiva perda de vegetação favorece questões relacionadas à produção de sedimentos na área, intensificando processos de assoreamento da baía a jusante, problemática já apontada na literatura em estudos regionais (Mantovanelli, 1999; Odreski *et al.*, 2003; Paula, 2010, 2016).

Estudos realizados antes do evento de 2011 estimaram a produção de sedimentos anual da bacia hidrográfica do rio Jacareí. O estudo de Mantovanelli (1999) calculou a produção de sedimentos na bacia do rio Jacareí no período 1997/1998 em 10,3 toneladas por km² ao ano, através de medições realizadas em duas campanhas de campo. Já o estudo de Paula (2010) estimou para a área que contempla a bacia hidrográfica do rio Jacareí no ano de 2005 o valor de 40,8 toneladas por km² ao ano, através de álgebra de mapas e considerando o uso e cobertura da terra do referido ano.

Com o evento de 2011, há uma transformação por completo da paisagem da bacia. Áreas de cultivo, áreas de pastagem, áreas de vegetação e o canal fluvial do rio Jacareí foram soterrados pela inundação decorrente das corridas de lama e detritos (Figura 7). Fragmentos de vegetação na planície foram removidos pela força das águas, ficando os mesmos entulhados próximos à ponte da rodovia BR 277.

As transformações decorrentes do evento de 2011 vão além das questões visuais. Houve uma transformação nas dinâmicas ambientais da área. A paisagem de 2003 respondia de uma forma às pressões antrópicas. Já a paisagem pós 2011 passa a responder de uma forma diferente, com intensificação dos impactos supracitados e surgimento de novos impactos.

Após março de 2011, verificou-se a formação de um depósito sedimentar deixado pela inundação. O crescimento vertical da planície através da deposição sedimentar altera o nível de base do rio. O nível de base está relacionado com questões de erosão remontante nas porções de serra do rio Jacareí e com a dinâmica de transporte sedimentar (Magalhães Júnior; Barros; Cota, 2020).

O que se observou após 2011 foi o progressivo retorno ao padrão de uso e cobertura da terra identificado em 2003. Este processo se deu com o estabelecimento de cultivos sobre o depósito formado e intervenções no canal fluvial do rio Jacareí. O canal foi reaberto, transferido, alargado e aprofundado com auxílio de maquinário.

Diversos fragmentos de vegetação arbórea e partes da mata ciliar do rio Jacareí foram removidos pelo evento e não foram recuperados. A mata ciliar do rio Jacareí conectava a vegetação nos morros (Floresta Ombrófila Densa Submontana) e a vegetação na planície (Floresta Ombrófila Densa aluvial, Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas e manguezais), possuindo diversos serviços ecossistêmicos. Além disso, é relevante ressaltar a contribuição da mata ciliar no controle do processo erosivo das margens.

A série de intervenções no canal fluvial intensifica o processo de produção de sedimentos na área, visto que: A – o aprofundamento do canal muda o nível de base da área, podendo intensificar e/ou reativar processos de erosão remontante na bacia; B – sem a mata ciliar, processos de erosão de margens são favorecidos; C – retificação do canal resulta no aumento da velocidade e capacidade/competência de transporte de sedimentos.

Para agravar ainda mais a situação referente à produção de sedimentos, foram identificadas áreas de solo exposto nas margens do rio Jacareí. O aumento da vazão do rio induzido por eventos pluviométricos típicos do litoral do Paraná pode facilmente erodir o material, visto se tratar de um depósito recém-formado.

Parte do material movimentado pelo evento de 2011 está estocado na planície. Se os processos de erosão pelo rio Jacareí continuarem atuando, este material tende a ser transportado à baía de Antonina, agravando ainda mais a situação de assoreamento da área, o qual já compromete historicamente navegação portuária (Paula; Cunico; Boldrini, 2006).

Assim, há a necessidade de que o uso deste território seja adaptado frente a nova configuração de paisagem. A área já se destacava em estudos anteriores por apresentar grande participação no assoreamento da baía à jusante. A potencialização na produção de sedimentos da área em função do evento de 2011 deve ser mitigada através de medidas como a restauração da mata ciliar do rio Jacareí, bem como retomada do padrão meandrítico do canal.

Tal recomendação pode ser amparada por meio do código florestal brasileiro (BRASIL, 2012) pelo instrumento das Áreas de Preservação Permanente (APP). Também pode ser destacada a proximidade da área com o Parque Nacional de Saint-Hilaire/Lange, podendo a mesma constituir a zona de amortecimento da referida UC.

Somado ao amparo legal, a restauração da vegetação na área pode estar associada com a implementação de sistemas agroflorestais (SAFs), que são modelos de produção agrícola cuja áreas de cultivo, pastagem e criação de animais estão associadas com vegetação nativa (árvores e arbustos), com interação ecológica entre as espécies (Young, 1997). Considerando os serviços ecossistêmicos fornecidos pela restauração da vegetação nativa, tem-se a oportunidade dessa restauração estar associada com pagamentos por serviços ambientais (PSA). Tais medidas podem estar atreladas a propostas de ordenamento territorial.

Considerando os resultados aqui alcançados e as recomendações de medidas indicadas, apresenta-se uma proposta inicial de classes de zoneamento

para a área: 1 – Corpos d'água; 2 – Áreas com vegetação nativa protegida (APP + Lei da Mata Atlântica + Resolução de áreas úmidas); 3 – Áreas de SAF (a partir da identificação de áreas para restauração, principalmente na APP do rio Jacareí); 4 - Demais áreas agrosilvopastoris; 5 – Acessos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise temporal revelou que a planície do rio Jacareí passou por mudanças significativas, destacando-se a perda progressiva de vegetação natural em prol de áreas antrópicas agrícolas e não agrícolas até o ano de 2003. Contudo, o evento extremo de março de 2011, caracterizado pelas corridas de lama e detritos, teve um profundo impacto na área, resultando na deposição de sedimentos, detritos e material lenhoso.

Em decorrência desses eventos, a planície experimentou transformações geomorfológicas substanciais, refletindo diretamente na dinâmica ambiental. A intensidade do impacto do evento de 2011 foi evidenciada pela formação de novos depósitos sedimentares e perda da cobertura vegetal arbórea. A deposição de sedimentos e detritos, associada à remoção de áreas de vegetação, resultou em uma nova configuração da paisagem, influenciando não apenas a aparência superficial, mas também os processos ecológicos subjacentes.

A partir dos resultados obtidos e de inferências quanto aos impactos ambientais na área de estudo, verifica-se a necessidade de adaptação do território frente a nova configuração de paisagem após o evento de 2011. Assim, é imperativo adotar estratégias efetivas de gestão territorial, sendo a restauração da Área de Preservação Permanente (APP) do rio Jacareí uma medida crucial para mitigar os impactos observados.

Como proposta de continuidade da pesquisa, recomenda-se um mapeamento em escala de detalhe da APP do rio Jacareí, visando à definição de

áreas prioritárias para a recuperação ambiental. Além disso, a realização de estudos e mapeamento de outras regiões ambientalmente sensíveis na planície, como as áreas úmidas, pode ampliar a compreensão dos ecossistemas locais. Paralelamente, é fundamental analisar a viabilidade da implementação de sistemas agroflorestais na área, promovendo práticas agrícolas sustentáveis que conciliem a produção de alimentos com a conservação da natureza. Essas recomendações buscam fornecer diretrizes práticas para a gestão integrada e sustentável da planície do rio Jacareí, considerando os desafios ambientais aqui identificados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BADIA, Anna; PALLARES-BARBERA, Montserrat; VALLDEPERAS, Natàlia; GISBERT, Meritxell. Wildfires in the wildland-urban interface in Catalonia: Vulnerability analysis based on land use and land cover change. **Science of The Total Environment**, v. 673, p. 184–196, 2019. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719315256>. Acesso em: 17 ago. 2020.

BALMFORD, Andrew; GASTON, Kevin J.; RODRIGUES, Ana S. L.; JAMES, Alexander. Integrating costs of conservation into international priority setting. **Conservation Biology**, v. 14, n. 3, p. 597–605, 2000. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/2641417?casa_token=Ge2Ihe_tmXgAAAAA%3AyH7HR3Jap-XZGvO3t0iQmZd4p6VG4FPmrWapVyMu8S_iOOVTItje_ZeK2XhtJsDDoDZK-BF9maiCDf1UCijoQYuXkIKtp1GxvxBu_lqfld4czJE0w&seq=1#metadata_info_tab_contents. Acesso em: 03 out. 2020.

BARROS JÚNIOR, Wilmar Wan-De-Rey de; SILVA, José Augusto Ferreira da; JÚNIOR, Jader Lugon; MOREIRA, Marcos Antônio Cruz; SANTOS, Luís Felipe Umbelino dos. Análise da paisagem com o uso de geotecnologias: uma proposta metodológica para o planejamento territorial da região hidrográfica VIII-RJ. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 166–190, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/16090>. Acesso em: 14 ago. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Institui o novo Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 maio. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso

em: 12 ago. 2020.

CARRIEL, Paola. Área destruída abrange faixa de 20 quilômetros. **Gazeta do Povo**, 13 mar. 2011. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/area-destruida-abrange-faixa-de-20-quilometros-e51ksq85wuf4o7zfuftcleqmm/>. Acesso em: 17 ago. 2020.

CUNICO, Camila. **Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Marumbi-PR: Perspectivas para a análise e avaliação das condições sócio-ambientais**. 2007. 193 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/11552>. Acesso em: 11 mai. 2023.

DEFESA CIVIL. **Desastre de 2011 – Águas de Março**. Curitiba: [s.n.]. 2019. Disponível em: http://www.defesacivil.pr.gov.br/sites/defesa-civil/arquivos_restritos/files/documento/2019-05/desastre_de_2011_-_aguas_de_marco.pdf. Acesso em: 17 ago. 2020.

DITT, Eduardo H.; MOURATO, Susana; GHAZOUL, Jaboury; KNIGHT, Jonathan D. Forest conversion and provision of ecosystem services in the Brazilian Atlantic Forest. **Land Degradation & Development**, v. 21, n. 6, p. 591–603, 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ldr.1010>. Acesso em: 14 ago. 2020.

DOURADO, Francisco; ARRAES, Thiago Coutinho; SILVA, Mariana Fernandes e. O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro: as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 35, n. 2, p. 43–54, 2012. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/5950/5458>. Acesso em: 24 ago. 2020.

FONSECA, Gustavo A. B. da. The vanishing Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v. 34, n. 1, p. 17–34, 1985. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0006320785900552>. Acesso em: 12 ago. 2020.

GEDAN, Keryn B.; EPANCHIN-NIELL, Rebecca; QI, Man. Rapid Land Cover Change in a Submerging Coastal County. **Wetlands**, v. 40, p. 1717-1728, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13157-020-01328-y>. Acesso em: 17 ago. 2020.

GÓMEZ, Cristina; WHITE, Joanne; WULDER, Michael A. Optical remotely sensed time series data for land cover classification: A review. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 116, p. 55–72, 2016. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271616000769>.

GOOGLE EARTH. **Localidade de Floresta (Morretes - Paraná) - (09 de Setembro de 2018)**. 25°33'16.40"S, 48°41'45.02"O - Altitude do Ponto de Visão 2 km. Maxar Technologies, 2020. <http://maps.google.com/?ll=-25.55455,-48.69584&z=15&t=h>.

HAQUE, Md. Inzamal; BASAK, Rony. Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 20, n. 2, p. 251–263, 2017. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110982316301533>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Manuais Técnicos em Geociências, nº. 7 – 3ª ed. 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

Instituto de Terras, Cartografia e Geociências do Paraná (ITCG). **Rio Jacareí**: foto aérea 31923. Curitiba, 1953. Fotografia aérea. Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul. Escala 1:25.000

Instituto de Terras, Cartografia e Geociências do Paraná (ITCG). **Rio Jacareí**: foto aérea. Curitiba, 1962. Fotografia aérea. Instituto de Terras e Cartografia (ITC). Escala 1:70.000

Instituto de Terras, Cartografia e Geociências do Paraná (ITCG). **Rio Jacareí**: foto aérea 51418. Curitiba, 1980. Fotografia aérea. Aerosul S.A. Escala 1:25.000

ISHIHARA, Mitsunori; TADONO, Takeo. Land cover changes induced by the great east Japan earthquake in 2011. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 45769, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep45769>. Acesso em: 17 ago. 2020.

KABISCH, Nadja; SELSAM, Peter; KIRSTEN, Toralf; LAUSCH, Angela; BUMBERGER, Jan. A multi-sensor and multi-temporal remote sensing approach to detect land cover change dynamics in heterogeneous urban landscapes. **Ecological Indicators**, v. 99, p. 273–282, 2019. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X1830966X>.

KGANYAGO, Mahlatse; SHIKWAMBANA, Lerato. Assessment of the characteristics of recent major wildfires in the USA, Australia and Brazil in 2018-2019 using multi-source satellite products. **Remote Sensing**, v. 12, n. 11, p. 1803, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/11/1803>. Acesso em: 17 ago. 2020.

LEITÓLES, Fernanda; GERON, Vitor; ALMEIDA, Aniela. 6 meses para recuperar a BR-277. **Gazeta do Povo**, 13 mar. 2011. Disponível em:

<https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/6-meses-para-recuperar-a-br-277-awvtqhc49wf5wv0xc69o8lqvi/>. Acesso em: 17 ago. 2020.

LIRA, Paula K.; TAMBOSI, Leandro R.; EWERS, Robert M.; METZGER, Jean Paul. Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. **Forest Ecology and Management**, v. 278, p. 80–89, 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112712002630>. Acesso em: 14 ago. 2020.

MA, Ruijin; BROADBENT, Michael; ZHAO, Xiangwei. Historical Photograph Orthorectification Using SfM for Land Cover Change Analysis. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 48, n. 3, p. 341–351, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12524-019-01082-7>. Acesso em: 25 mar. 2020.

MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira; BARROS, Luiz Fernando de Paula; COTA, Guilherme Eduardo Macedo. Morfodinâmica fluvial. *In*: MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira; BARROS, Luiz Fernando de Paula (Eds.). **HIDROGEOLOGIA: Formas, processos e registros sedimentares fluviais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. p. 121–161.

MAGNAGO, Luiz Fernando S.; EDWARDS, David P.; EDWARDS, Felicity A.; MAGRACH, Ainhoa; MARTINS, Sebastião V.; LAURANCE, William F. Functional attributes change but functional richness is unchanged after fragmentation of Brazilian Atlantic forests. **Journal of Ecology**, v. 102, n. 2, p. 475–485, 2014. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2745.12206>. Acesso em: 14 ago. 2020.

MANTOVANELLI, Alessandra. Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na Baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem. 1999. 152p. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/41425>. Acesso em: 11 mai. 2023.

MEILIANDA, Ella; PRADHAN, Biswajeet; SYAMSIDIK; COMFORT, Louise K.; ALFIAN, Dedy; JUANDA, Romy; SYAHREZA, Saumi; MUNADI, Khairul. Assessment of post-tsunami disaster land use/land cover change and potential impact of future sea-level rise to low-lying coastal areas: A case study of Banda Aceh coast of Indonesia. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 41, p. 101292, 2019. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420918312524>. Acesso em: 17 ago. 2020.

MESQUITA, Carolina. ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

COMO SUBSÍDIO À ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO SAGRADO - MORRETES/PR. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MIKOSIK, Ana Paula Mares; PAULA, Eduardo Vedor de; MESQUITA, Carolina; SANTOS, Leonardo José Cordeiro dos. Caracterização das Cicatrizes de Movimentos de Massa na Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado (Morretes/PR). *In*: BOLDRINI, Eliane Beê; PAULA, Eduardo Vedor de (Eds.). **Gestão Ambiental Portuária: Subsídio para o licenciamento das Dragagens**. 1. ed. Curitiba: ADEMADAN, 2009. p. 179–189.

Minerais do Paraná (MINEROPAR). **MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DA PORÇÃO LESTE DA SERRA DO MAR DO ESTADO DO PARANÁ**. Curitiba: [s.n.]. 2011. Disponível em:

<https://www.documentador.pr.gov.br/documentador/pub.do?action=d&uid=@g tf-escriva-minerop@26e14cdc-3820-4658-8bbe-560f106c019b>. Acesso em: 17 ago. 2020.

MORELLATO, L. Patricia C.; HADDAD, Celio F. B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 786–792, 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00618.x>. Acesso em: 14 ago. 2020.

ODRESKI, Lydio Luiz Rissetti; SOARES, Carlos Roberto; ANGULO, Rodolfo José; ZEM, Rafaela Cristine. Taxas de assoreamento e a influência antrópica no controle da sedimentação da Baía de Antonina-Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 53, n. 1, p. 07–12, 2003. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geociencias/article/view/4217/3412>. Acesso em: 24 ago. 2020.

OLOFSSON, Pontus; FOODY, Giles M.; HEROLD, Martin; STEHMAN, Stephen V.; WOODCOCK, Curtis E.; WULDER, Michael A. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. **Remote Sensing of Environment**, v. 148, p. 42–57, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425714000704>.

OMACHI, Claudia Y.; SIANI, Sacha M. O.; CHAGAS, Felipe M.; MASCAGNI, Mario L.; CORDEIRO, Marcelle; GARCIA, Gizele D.; THOMPSON, Cristiane C.; SIEGLE, Eduardo; THOMPSON, Fabiano L. Atlantic Forest loss caused by the world's largest tailing dam collapse (Fundão Dam, Mariana, Brazil). **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 12, p. 30–34, 2018. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352938518301137>. Acesso em: 14 ago. 2020.

PARANÁ. **Portaria 423/2011 - Instituto das Águas do Paraná. Diário Oficial Executivo do Estado do Paraná.** Curitiba, 2011a. Disponível em: www.documentos.dioe.pr.gov.br. Acesso em: 14 ago. 2020.

PARANÁ. **Portaria 471/2011 - Instituto das Águas do Paraná. Diário Oficial Executivo do Estado do Paraná.** Curitiba, 2011b. Disponível em: www.documentos.dioe.pr.gov.br. Acesso em: 14 ago. 2020.

PARANÁ. **Despacho 11.291.935-0/11 - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Diário Oficial Executivo do Estado do Paraná.** Curitiba, 2011c. Disponível em: www.documentos.dioe.pr.gov.br.

PAULA, Eduardo Vedor de. Análise da produção de sedimentos na área de drenagem da Baía de Antonina/PR: uma abordagem geopedológica. 2010. 220 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26887>. Acesso em: 11 mai. 2023.

PAULA, Eduardo Vedor de. Análise da Produção de Sedimentos na Área de Drenagem da Baía de Antonina, Paraná: Contribuições ao planejamento do território. *In*: REIS, Rodrigo Arantes (Eds.). **Litoral do Paraná: Território e Perspectivas**. 1. ed. Curitiba: Brazil Publishing, 2016. p. 11–35.

PAULA, Eduardo Vedor de.; CUNICO, Camila.; BOLDRINI, Eliane Bêe. Controle do assoreamento e dos contaminantes por meio da gestão de bacias hidrográficas para o planejamento das dragagens portuárias na Baía de Antonina/Paraná/Brasil. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 12, 2006.

PAULA, Mateus Dantas de; COSTA, Cecília Patrícia Alves; TABARELLI, Marcelo. Carbon storage in a fragmented landscape of Atlantic forest: the role played by edge-affected habitats and emergent trees. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 349–358, 2011. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/194008291100400310>. Acesso em: 14 ago. 2020.

PAZ, Otacilio; DAL PAI, Maíra Oneda; DE PAULA, Eduardo Vedor. Proposta metodológica para elaboração de base de dados geoespaciais como subsídio a estudos ambientais: aplicação em unidades de conservação do litoral norte do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 02, p. 613–629, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/242899>. Acesso em: 12 ago. 2020.

PINTO, Roberto Carlos; PASSOS, Everton; CANEPARO, Sony Cortese. Movimentos de Massa como Processos Naturais de Evolução das Encostas, Estudo de Caso: Bacia do Rio Jacareí, Municípios de Morretes e Paranaguá–PR. **Geoingá: Revista**

do Programa de Pós-Graduação em Geografia, v. 6, n. 1, p. 23–45, 2014.

Disponível em:

<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Geoinga/article/download/49239/751375140389>. Acesso em: 12 ago. 2020.

RAWAT, J.S.; KUMAR, Manish. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 18, n. 1, p. 77–84, 2015. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110982315000034>. Acesso em: 14 ago. 2020.

REZENDE, Camila Linhares de; SCARANO, Fabio Rubio; ASSAD, Eduardo Delgado; JOLY, Carlos Alfredo; METZGER, Jean Paul; STRASSBURG, Bernardo B. N.; TABARELLI, Marcelo; FONSECA, Gustavo A. B.; MITTERMEIER, Russell A. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest.

Perspectives in ecology and conservation, v. 16, n. 4, p. 208–214, 2018.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2530064418301317#bib0090>. Acesso em: 12 ago. 2020.

SCARANO, Fabio Rubio; CEOTTO, Paula. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319–2331, 2015. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-015-0972-y>. Acesso em: 14 ago. 2020.

SILVEIRA, Claudinei Taborda da; FIORI, Alberto Pio; SCHILIPACK, Priscila; DIAS, Sarah Manzoli. Mapeamento preliminar da suscetibilidade natural a movimentos de massa da Serra do Mar Paranaense apoiado na análise digital do relevo.

Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 15, n. 1, 2014. Disponível em:

<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/366>. Acesso em: 12 ago. 2020.

SILVEIRA, Claudinei Taborda da; FIORI, Alberto Pio; OKA-FIORI, Chisato. ESTUDO DAS UNIDADES ECODINÂMICAS DE INSTABILIDADE POTENCIAL NA A PA DE GUARATUBA: SUBSÍDIOS PA RAO PLANEJAMENTO AMBIENTAL. **Boletim**

Paranaense de Geociências, v. 57, p. 9–23, 2005. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/geociencias/article/viewFile/6046/7151>. Acesso em: 24 ago. 2020.

VIEIRA, Simone Aparecida; ALVES, Luciana Ferreira; AIDAR, Marcos; ARAÚJO, Luciana Spinelli; BAKER, Tim; BATISTA, João Luís Ferreira; CAMPOS, Mariana Cruz; CAMARGO, Plínio Barbosa; CHAVE, Jerome; DELITTI, Welington Braz Carvalho;

HIGUCHI, Niro; HONORIO, Euridice; JOLY, Carlos Alfredo; KELLER, Michael; MARTINELLI, Luiz Antonio; MATTOS, Eduardo Arcoverde de; METZKER, Thiago; PHILLIPS, Oliver; SANTOS, Flavio Antonio Maes dos; SHIMABUKURO, Mônica Takako; SILVEIRA, Marcos; TRUMBORE, Susan Elizabeth. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2, p. 21–29, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1676-06032008000200001&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 14 ago. 2020.

VOLKE, Matias I.; ABARCA-DEL-RIO, Rodrigo. Comparison of machine learning classification algorithms for land cover change in a coastal area affected by the 2010 Earthquake and Tsunami in Chile. **Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions**, v. 2020, p. 1–14, 2020. Disponível em: <https://nhess.copernicus.org/preprints/nhess-2020-41/>.

WARRICK, Jonathan A.; RITCHIE, Andrew C.; SCHMIDT, Kevin M.; REID, Mark E.; LOGAN, Joshua. Characterizing the catastrophic 2017 Mud Creek landslide, California, using repeat structure-from-motion (SfM) photogrammetry. **Landslides**, v. 16, n. 6, p. 1201–1219, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10346-019-01160-4>. Acesso em: 17 ago. 2020.

YOUNG, Anthony. **Agroforestry for soil management**. [s.l.] CAB international, 1997.

ZAI, Clotilde; GRASSO, Lucélia; SILVEIRA, Claudinei Taborda da; GUARNIERI, Doralice Palanicheski. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS POR MOVIMENTOS DE MASSA NA COMUNIDADE DE FLORESTA, REGIÃO DA SERRA DO MAR PARANAENSE. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 61, p. 19–32, 2017. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/33245>. Acesso em: 12 ago. 2020.

ZAPATA, Ricardo; SIMIANO, Lucas Frates; PINHEIRO, Eduardo Gomes. O EVENTO ÁGUAS DE MARÇO E SUA AVALIAÇÃO DE DANOS E PERDAS. *In*: PINHEIRO, Eduardo Gomes; PEDROSO, Frederico. (Eds.). **CONSTRUINDO UM ESTADO RESILIENTE: O MODELO PARANAENSE PARA A GESTÃO DO RISCO DE DESASTRES**. 1. ed. Curitiba: CEPED/FUNESPAR, 2016. p. 34–51.

ZHONG, Cheng; LIU, Yue; GAO, Peng; CHEN, Wenlong; LI, Hui; HOU, Yong; NUREMANGULI, Tuohuti; MA, Haijian. Landslide mapping with remote sensing: challenges and opportunities. **International Journal of Remote Sensing**, v. 41, n. 4, p. 1555–1581, 2020. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2019.1672904?casa_token=dZKmbxwzrHAAAAAA%3AapZPJl5BoUjabN_n1sXkmCw2qqoENBZUg_arUeM3uusj1Y0-MvwaNSVYX8ObUI8nvxUjEQ3pL3yj. Acesso em: 17 ago. 2020.

ZOMENI, Maria; TZANOPOULOS, Joseph; PANTIS, John D. Historical analysis of

landscape change using remote sensing techniques: An explanatory tool for agricultural transformation in Greek rural areas. **Landscape and Urban Planning**, v. 86, n. 1, p. 38–46, 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204607003027>.

Submetido em: 27 de abril de 2023.

Aprovado em: 07 de dezembro de 2023.

Publicado em: 23 de janeiro de 2023.