

ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DA TERRA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM JARI (RS)

Analysis of changes in land use and land cover in permanent preservation
areas in Jari (RS)

Análisis de los cambios en el uso y cobertura del suelo en áreas de preservación
permanente en Jari (RS)

Eric Moisés Beilfuss*

Carina Petsch**

Romario Trentin***

Katia Kellem da Rosa****

*Doutorando na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Brasil – ericmoisesb@Outlook.com

**Professora Titular na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Brasil – carinapetsch@gmail.com

***Professor Titular na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Brasil – romariotrentin@gmail.com

****Professora Titular na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil – katiakellem@gmail.com

Recebido em 06/05/2025. Aceito para publicação em 07/08/2025.
Versão online publicada em 03/09/2025 (<http://seer.ufrgs.br/paraonde>)

Resumo:

A expansão da soja em áreas menos favoráveis ou proibidas ao cultivo, incluindo APP, tem sido impulsionada pela demanda por novas terras agrícolas. Este estudo analisou a dinâmica do LULC nas APP de Jari (RS) entre 1985 e 2023, utilizando dados do MapBiomas. Foram avaliados dados classificados da série Landsat da coleção 9, extraídas da plataforma GEE, para os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2023. Os resultados indicam que, entre 1985 e 2023, as APP de nascentes tiveram uma redução da formação campestre de 71% para 30% (perda de 910.000 m²), enquanto a soja expandiu de 4% para 46% (aumento de 960.000 m², crescimento de 1.200%). Nas APP de cursos d'água, as formações campestre e florestal predominavam em 1985, com 47% e 45%, respectivamente. No entanto, a formação florestal perdeu 200.000 m² e a campestre reduziu-se para 23% da área total. A soja, em 1985 restrita a 1% dessas APP, expandiu-se para 22% em 2023 (aumento de 10.910.000 m², taxa de crescimento de 2.948,65%). A conversão da vegetação natural para a soja foi favorecida por Latossolos e relevo suavemente ondulado no norte do município, enquanto no sul, Neossolos e maior declividade contribuíram para a preservação das áreas naturais. Os resultados destacam a urgência de políticas públicas para proteção das APP, recuperação de áreas degradadas e fiscalização rigorosa, garantindo a sustentabilidade ambiental e a segurança hídrica do município.

Palavras-chave: Hidrografia. MapBiomas. Expansão agrícola.

Abstract:

The expansion of soybean cultivation into less favorable or restricted areas, including PPA, has been driven by the demand for new agricultural lands. This study analyzed the dynamics of LULC in the PPA of Jari (RS) between 1985 and 2023, using data from MapBiomas. Classified data from the Landsat series, Collection 9, extracted from the GEE platform, were evaluated for the years 1985, 1995, 2005, 2015, and 2023. The results indicate that between 1985 and 2023, grassland formations in spring PPA decreased from 71% to 30% (a loss of 910,000 m²), while soybean cultivation expanded from 4% to 46% (an increase of 960,000 m², or 1,200% growth). In PPA along watercourses, grassland and forest formations predominated in 1985, with 47% and 45%, respectively. However, forest cover lost 200,000 m², and grassland was reduced to 23% of the total area. Soybean, which accounted for only 1% of these PPA in 1985, expanded to 22% in 2023 (an increase of 10,910,000 m², with a growth rate of 2,948.65%). The conversion of natural vegetation to soybeans was favored by Oxisols and gently undulating relief in the northern part of the municipality, while in the south, Entisols and steeper slopes contributed to the preservation of natural areas. The results highlight the urgent need for public policies for PPA protection, recovery of degraded areas and strict enforcement, ensuring environmental sustainability and water security in the municipality.

Keywords: Hydrography. MapBiomas. Agricultural expansion.

Resumen:

La expansión del cultivo de soja en áreas menos favorables o restringidas, incluidas las APP, ha sido impulsada por la demanda de nuevas tierras agrícolas. Este estudio analizó la dinámica del LULC en las APP de Jari (RS) entre 1985 y 2023, utilizando datos de MapBiomas. Se evaluaron datos clasificados de la serie Landsat, colección 9, extraídos de la plataforma GEE, para los años 1985, 1995, 2005, 2015 y 2023. Los resultados indican que, entre 1985 y 2023, las formaciones de pastizales en APP de nacientes disminuyeron del 71% al 30% (una pérdida de 910.000 m²), mientras que el cultivo de soja se expandió del 4% al 46% (un aumento de 960.000 m², crecimiento del 1.200%). En las APP de cursos de agua, las formaciones de pastizales y bosques predominaban en 1985, con 47% y 45%, respectivamente. Sin embargo, la cobertura forestal perdió 200.000 m² y los pastizales se redujeron al 23% del área total. La soja, que en 1985 ocupaba solo el 1% de estas APP, se expandió al 22% en 2023 (un aumento de 10.910.000 m², con una tasa de crecimiento del 2.948,65%). La conversión de vegetación natural a soja fue favorecida por Latosolos y relieve suavemente ondulado en el norte del municipio, mientras que, en el sur, los Neosolos y una mayor pendiente contribuyeron a la preservación de áreas naturales. Los resultados destacan la urgente necesidad de políticas públicas para la protección de las APP, recuperación de áreas degradadas y fiscalización rigurosa, garantizando la sostenibilidad ambiental y la seguridad hídrica del municipio.

Palabras-clave: Hidrografía. MapBiomas. Expansión agrícola.

1. Introdução

O bioma Pampa ocupa aproximadamente 750 mil km² e abrange partes da Argentina (63%), do Brasil (19%) e do Uruguai (18%) (Lanfranco *et al.*, 2022). No Brasil, está presente exclusivamente no Estado do Rio Grande do Sul, onde constitui o bioma predominante, cobrindo cerca de 68% do território estadual e estendendo-se por mais de 233 municípios, totalizando aproximadamente 178.243 km². Caracterizado pela vegetação campestre dominada por gramíneas, o Pampa tem sustentado historicamente a atividade pecuária extensiva, fundamental para a economia e cultura regional (Boldrini, 2009; Andrade *et al.*, 2018; Lezama *et al.*, 2019; Matte; Waquil, 2020).

Essa ocupação tradicional contribuiu, por séculos, para a conservação dos campos nativos (Overbeck *et al.*, 2015). Contudo, a partir das últimas décadas do século XX, especialmente após os anos 2000, observou-se um processo crescente de conversão dessas

áreas para a agricultura, principalmente para o cultivo de soja, promovendo a fragmentação de *habitats* e a perda de biodiversidade (Mengue *et al.*, 2020). Apesar de sua relevância ecológica, o Pampa é o bioma brasileiro com menor representação em áreas protegidas, evidenciando a negligência histórica nas políticas de conservação para ecossistemas não florestais (Nabinger *et al.*, 2009).

Nos últimos anos, o aumento da demanda internacional por *commodities* agrícolas, somado ao aquecimento do mercado de grãos e ao fortalecimento de políticas de incentivo ao crédito rural, tem impulsionado a expansão das fronteiras agrícolas (Von Witzke; Noleppa, 2014; Martinelli *et al.*, 2017). Como consequência, a cobertura vegetal do Pampa tem sido rapidamente substituída por monoculturas de soja e áreas de silvicultura, intensificando as mudanças no Uso e Cobertura da Terra (LULC) (Le Féon *et al.*, 2016; Rocha *et al.*, 2018; Beilfuss, 2022; Alves, 2023; Caballero *et al.*, 2023). Mengue *et al.* (2020) apontam que, entre 2000 e 2014, a área ocupada pela soja no bioma Pampa cresceu 145,56%. Esse aumento expressivo reflete, principalmente, a conversão de áreas de campos nativos e outros ecossistemas naturais, tradicionalmente utilizados em sistemas de pecuária extensiva, em lavouras mecanizadas, ampliando os impactos sobre a biodiversidade e a dinâmica ecológica do bioma.

Essa pressão pelo aumento de áreas cultivadas levou a expansão da soja para terrenos menos favoráveis ou restritivos ao cultivo, inclusive em Áreas de Proteção Permanente (APP). Elas são definidas segundo o atual Código Florestal, Lei nº 12.651/12 como uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Brasil, 2012).

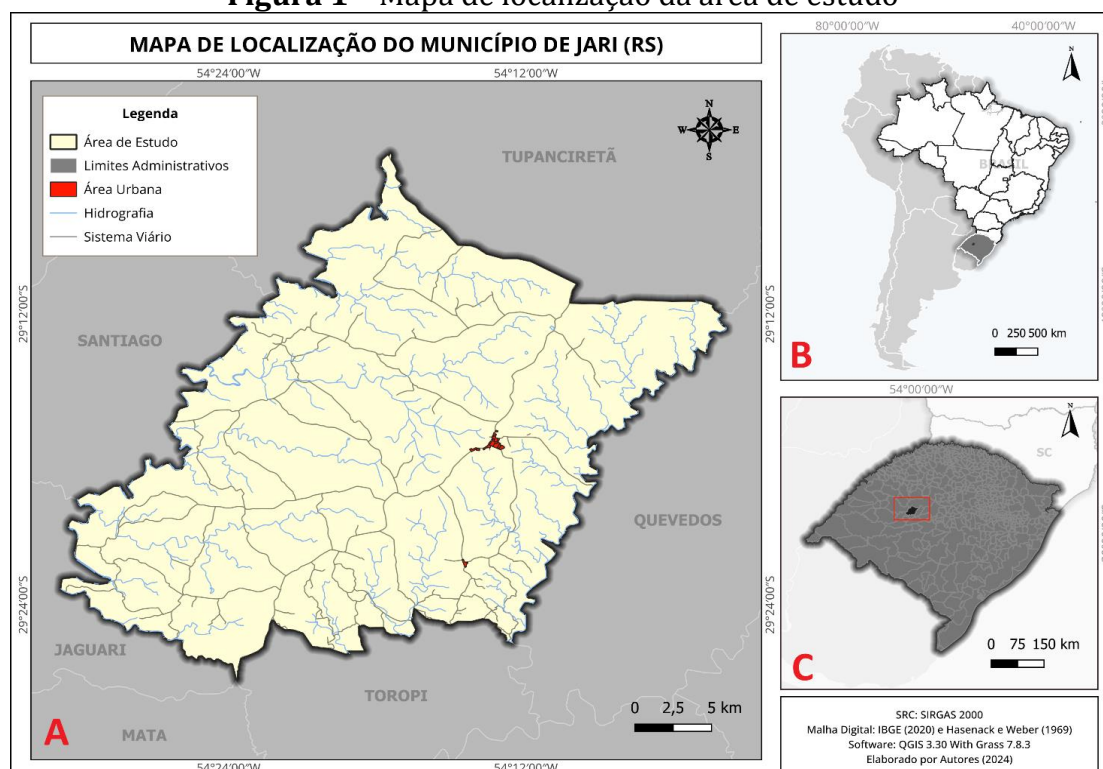
Em países com dimensões continentais, torna-se essencial a representação e caracterização das APP em mapas digitais, auxiliando no planejamento territorial (Rodrigues, 2013). Nesse sentido, dados obtidos por Sensoriamento Remoto (SR) fornecem informações cruciais para a detecção das mudanças de LULC (Rymasheuskaya, 2007; Branco; Da Croce; Schafer, 2017; Chowdhury; Hasan; Abdullah-Al-Mamun, 2020) e oportunizam estudos com maior precisão em áreas cada vez mais extensas, com custos e tempo de processamento menores (Attri; Chaudhry; Sharma, 2015; Defourny *et al.*, 2019). Como exemplo, têm-se a plataforma MapBiomas que utiliza imagens da série de satélites Landsat e disponibiliza dados de LULC a partir de 1985, com atualizações anuais e resolução espacial de 30 metros (Souza *et al.*, 2020). Salienta-se que existe um projeto MapBiomas dedicado ao Pampa (Baeza *et al.*, 2022).

Como área de estudo, escolheu-se o município de Jari (RS), devido à sua rápida transição de áreas de formação campestre para soja, nas últimas décadas. Conforme apontado por Beilfuss (2025), o município registrou um aumento de 636,9% na área destinada à soja entre os anos de 1990 e 2020. Esse avanço não se deu exclusivamente sobre remanescentes de vegetação nativa do bioma Pampa, mas também em áreas anteriormente utilizadas para outros cultivos temporários, evidenciando uma profunda transformação na dinâmica de LULC. Além disso, o município possui uma área de transição entre os Patamares do Planalto e o Rebordo do Planalto, portanto, a soja apresenta distintos contextos de relevo para o avanço. Partindo destas premissas, o objetivo deste artigo é avaliar o LULC das APP do município de Jari (RS), entre 1985 e 2023, usando dados do MapBiomas.

2. Área de Estudo

O município de Jari (RS) está localizado na região sul do Brasil, no estado do Rio Grande do Sul (Figura 1 B e C), entre as coordenadas geográficas 29°08'52" a 29°46'07" de latitude sul e 54°07'59" a 54°50'45" de longitude oeste (Figura 1 A), com uma área de 853.000.000 m². O município de Jari encontra-se totalmente na Região Hidrográfica do Rio Uruguai, seu território é considerado um divisor de drenagem de duas bacias: rio Jaguari (ao oeste) e rio Toropi (ao leste) (Beilfuss *et al.*, 2022).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Jari (RS) apresenta um relevo com altitudes que variam entre 130 e 460 metros, sendo que a classe de altitude predominante é de 360 a 440 metros, que ocupa metade da área do município. Em relação à declividade do terreno, ocorre a predominância das classes de 2 a 5% (375.000.000 m²), e da classe de 5 a 15% (348.000.000 m²). O município apresenta três tipos de formas de relevo, conforme a classificação de Beilfuss *et al.* (2022): colinas suavemente onduladas, colinas onduladas e morros e morrotes. De maneira predominante, as colinas suavemente onduladas abrangem cerca de 65% do território (556.000.000 m²).

Em relação aos solos, os Neossolos predominam no município, com aproximadamente 57% da área de Jari (RS). Os Argissolos e os Latossolos localizam-se em porções de maior altitude no município, sendo que o primeiro ocupa aproximadamente 39% do município, e o segundo 4%. No que diz respeito à precipitação pluviométrica, o município de Jari (RS) possui uma média anual de 1.844 mm, com variação entre 1.000 mm e 2.800 mm anuais, entre 1985 e 2024 (Beilfuss, 2025).

3. Materiais e Métodos

3.1 Banco de Dados

O primeiro passo metodológico consistiu na elaboração de um banco de dados no Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS versão 3.30.3 (Quadro 1). Os dados referentes à LULC do município de Jari (RS) foram obtidos na plataforma do *Google Earth Engine* (GEE), da coleção 9 de série anual do MapBiomas e se referem aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2023.

Quadro 1 – Banco de dados para a análise do LULC nas APP de Jari (RS)

Dados	Fonte	Escala/resolução espacial do <i>pixel</i>	Produto obtido/gerado
MapBiomas	Souza et al., (2020)	<i>pixel</i> : 30 metros	LULC
<i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (SRTM)	USGS	<i>pixel</i> : 30 metros	APP em áreas de declividade superior a 45°
Hidrografia	Hasenack e Weber (2010)	1:50.000	APP de margem de cursos d'água e nascentes

Fonte: Organizado pelos autores (2025)

Neste estudo, foram analisadas as APP de nascentes, margens de cursos d'água e declividades superiores a 45°. A delimitação das APP de cursos d'água foi realizada por meio da ferramenta *buffer*; adotou-se uma faixa de 30 metros para cursos d'água com menos de 10 metros de largura e de 50 metros para o Arroio Santana (10 a 50 metros de largura), conforme

estabelecido pela Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. A análise considerou apenas a hidrografia interna do município, desconsiderando os rios limítrofes, como os cursos d'água Jaguari e Toropi.

Para a análise das nascentes, utilizou-se uma ferramenta do *software* QGIS para a geração de pontos na camada de hidrografia. Em seguida, alguns pontos foram manualmente excluídos, mantendo-se apenas aqueles correspondentes às nascentes. Posteriormente, aplicou-se um *buffer* com raio de 50 metros para a delimitação das áreas de entorno.

O arquivo de declividade foi gerado na unidade de medida em graus, utilizando a ferramenta "*slope*". Contudo, a APP de declividade não foi considerada, uma vez que o município não apresenta vertentes com inclinação superior a 45 graus.

3.2 Processamento dos dados

A partir dos vetores referentes às APP, foram realizados recortes nos arquivos GeoTIFF das classificações de LULC dos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2023, e, em seguida, a ferramenta *r.report* foi utilizada para calcular a área correspondente a cada classe de uso da terra. Adicionalmente, foram gerados gráficos no *software Excel* com os valores de área dos LULC presentes no entorno dos cursos d'água e nascentes para o período de 1985 a 2023. Foi calculada a taxa de transição (aumento ou diminuição) de cada LULC por década de análise.

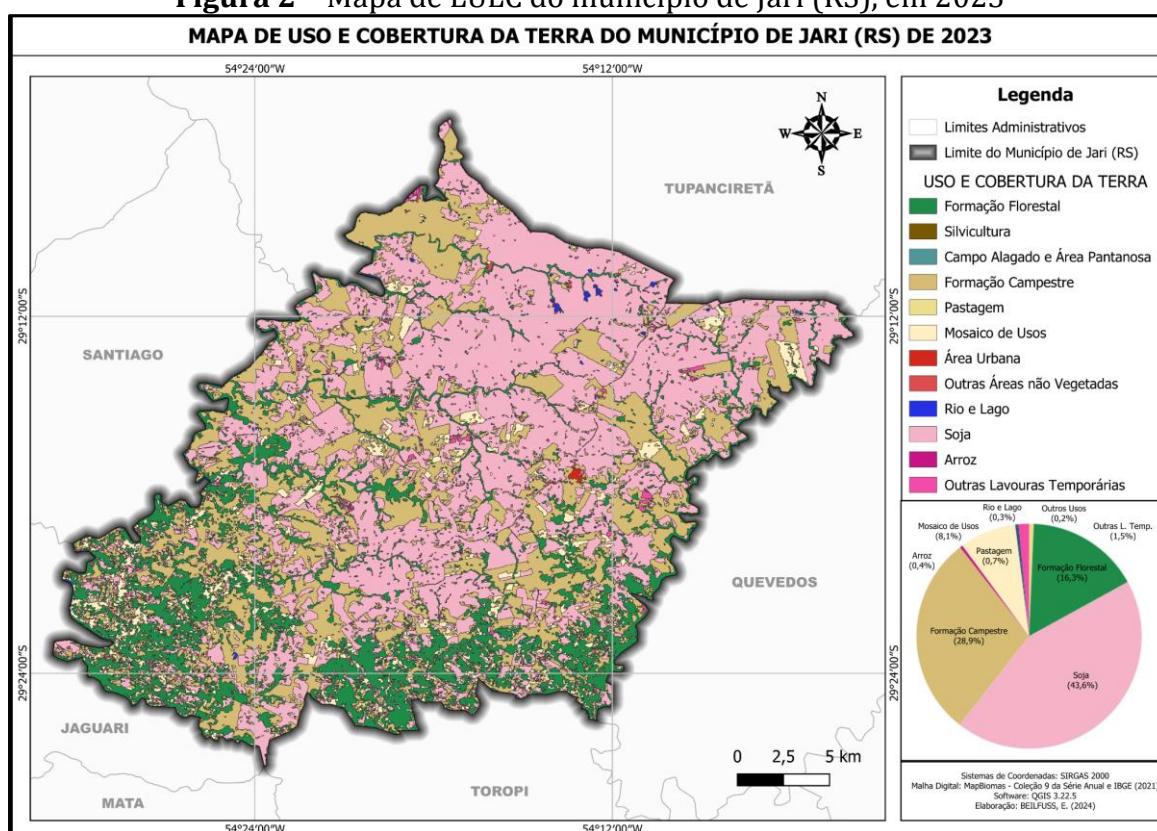
3.3 Apresentação dos dados

Os dados do MapBiomas já foram validados por Beilfuss (2022) para o município de Jari (RS), por meio da verificação da acurácia do LULC, utilizando comparações com informações obtidas em campo. Além disso, foram realizados três trabalhos de campo, nas datas de 26 de janeiro de 2023, 12 de julho de 2023 e 25 de janeiro de 2024, com o registro de fotografias georreferenciadas por meio do aplicativo *SW Maps*, que também permitiu a coleta de dados complementares, como altitude. Adicionalmente, foram capturadas imagens aéreas com drones, modelos Mavic Air Pro e Mini Mavic para análise visual do LULC nas áreas de nascentes e nos entornos dos cursos d'água do município.

4. Resultados

No que diz respeito ao LULC, o município de Jari (RS), em 1985, demonstrava a predominância da formação campestre com aproximadamente 72% da área do município. A soja ocupava apenas cerca de 5% da área, enquanto a formação florestal abrangia 19%. Em 2023 (Figura 2), o município apresentava predominância da cultura da soja em seu território, estendendo-se do norte ao sul, principalmente nas porções centrais, cobrindo aproximadamente 44%. Por outro lado, a formação campestre, estava presente em 29%, em áreas localizadas principalmente a noroeste do município. Além disso, a formação florestal ocupava 16%, prevalecendo no sul, associada principalmente ao Rebordo do Planalto.

Figura 2 – Mapa de LULC do município de Jari (RS), em 2023



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

No que diz respeito a análise das APP de nascentes do município de Jari (RS), observou-se que em 1985 havia a predominância da formação campestre (71%), entretanto com o passar dos anos houve uma diminuição gradativa desta classe, com o valor de 30% em 2023. Em termos de área, houve uma redução de 910.000 m² entre 1985 e 2023, uma taxa de 57,5% no período analisado, conforme é possível observar na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Valores de área e taxa de aumento ou redução por década do LULC presente no entorno das APP das nascentes entre o período de 1985 a 2023

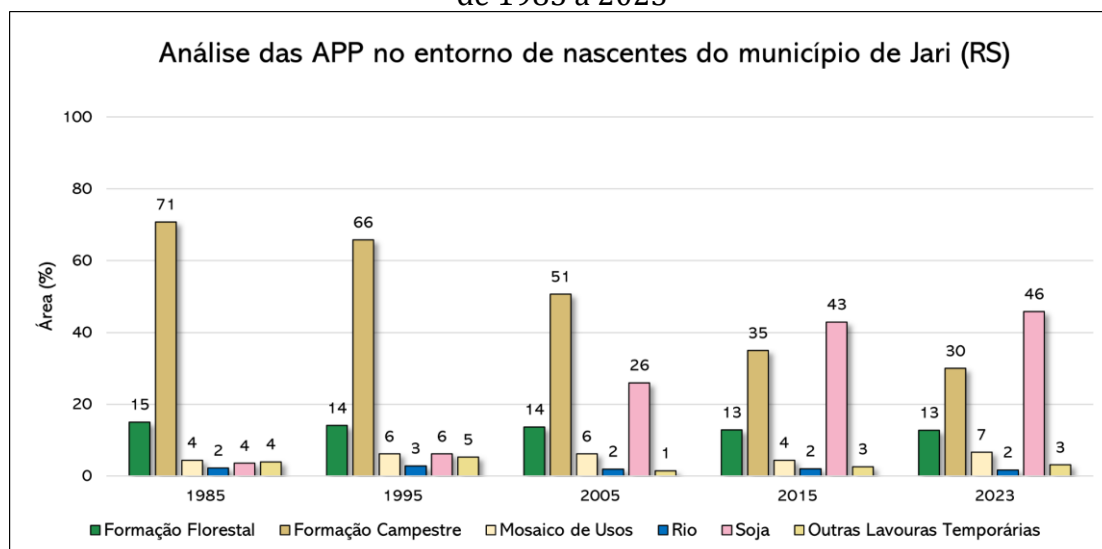
LULC	1985-1995	1995-2005	2005-2015	2015-2023	Taxa de aumento ou redução (%) em todo período
Formação Florestal	valor em m ²				
	-20.000	-30.000	-40.000	0	Redução de 14,7%
Formação Campestre	-100.000	-350.000	-350.000	-110.000	Redução de 57,5%
Mosaico de Usos	+40.000	0	-40.000	+10.000	Aumento de 50%
Rio	-14.000	-20.000	+2.000	-6.000	Redução de 22%
Soja	+60.000	+450.000	+380.000	+70.000	Aumento de 1.200%
Outras Lavouras Temporárias	+30.000	-86.000	+25.000	+11.000	Redução de 22,2%

Fonte: Organizado pelos autores (2025)

Em contrapartida, em 1985, a soja ocupava apenas 4% das áreas de entorno das nascentes, enquanto em 2023 esse percentual subiu para 46% (Figura 3). Ou seja, em 2023, quase metade da área ao redor das nascentes em Jari (RS) passou a ser ocupada pelo cultivo de soja, o que representou um aumento de 960.000 m² entre 1985 e 2023, com uma taxa de crescimento de 1.200%. Esse processo evidencia a substituição das áreas de formação campestre pelo cultivo de soja, em desacordo com as diretrizes de proteção previstas no Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), que reconhece os campos nativos como áreas de relevante importância ambiental.

Segundo a legislação, as APP de nascentes devem ser protegidas por um raio mínimo de 50 metros, independentemente do bioma e da localização, assegurando a manutenção da vegetação nativa. No Bioma Pampa, essa vegetação corresponde às formações campestres, compostas predominantemente por gramíneas e espécies herbáceas, que desempenham papel fundamental na preservação dos recursos hídricos, estabilidade do solo e biodiversidade.

No que se refere às áreas de cobertura florestal, as alterações foram relativamente discretas ao longo do período analisado (Figura 3). Em 1985, aproximadamente 15% das áreas de entorno estavam ocupadas por vegetação florestal. Contudo, em 2023, essa proporção foi reduzida para 13%, o que corresponde a uma diminuição de 14,7% na extensão dessa cobertura. As demais classes de LULC mantiveram-se estáveis, sem variações expressivas no intervalo considerado.

Figura 3 – Análise das APP no entorno de nascentes do município de Jari (RS) entre o período de 1985 a 2023

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Conforme apresentado na Tabela 2, entre 1985 e 2023, as APP de margem de cursos d'água sofreram expressiva redução da formação campestre (50,2%) e discreta diminuição da formação florestal (4,47%) correspondente a cerca de 200.000 m². No ano de 1985, conforme é observado na Figura 4, as formações campestre e florestal predominavam nas APP, com 47% e 45%, respectivamente. O mosaico de usos também apresentou aumento expressivo, com 85%, entre 1985 e 2023.

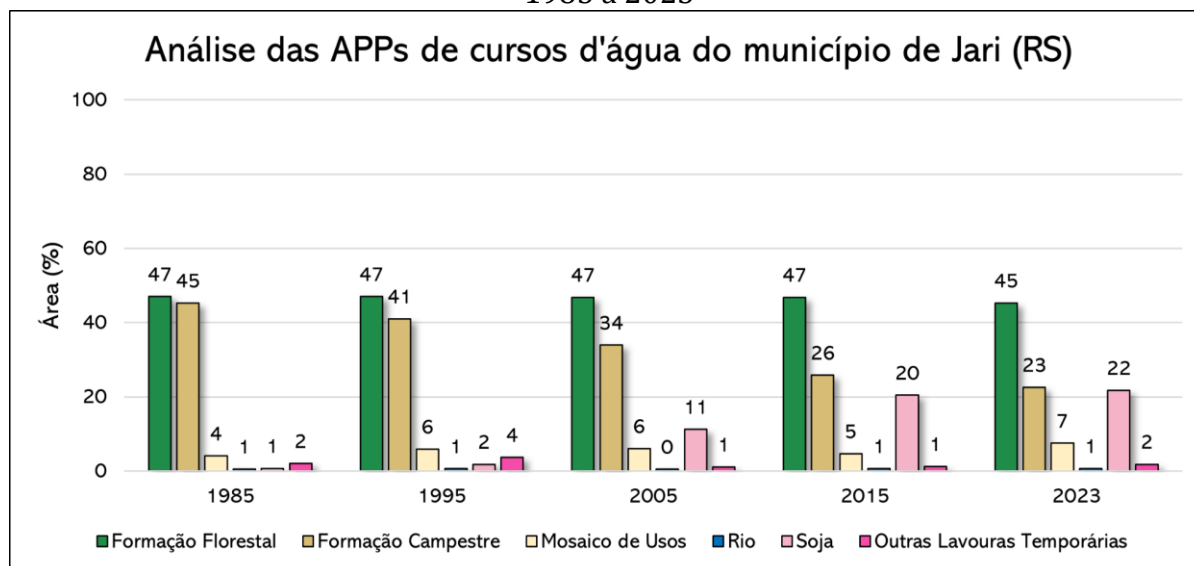
Tabela 2 – Valores de área e taxa de aumento ou redução por década do LULC presente no entorno das APP de cursos d'água entre o período de 1985 a 2023

	1985-1995	1995-2005	2005-2015	2015-2023	Taxa de aumento ou redução (%) por todo período
Formação Florestal	valor em m ²				
	-300.000	0	0	+100.000	Redução de 4,47%
Formação Campestre	-2.300.000	-3.600.000	-4.200.000	-1.700.000	Redução de 50,2%
Mosaico de Usos	+960.000	+80.000	-720.000	+1.470.000	Aumento de 85,2%
Rio	+40.000	-70.000	+90.000	+10.000	Redução de 29,62%
Soja	+560.000	+4.900.000	+4.770.000	+680.000	Aumento de 2.948,65%
Outras Lavouras Temporárias	+850.000	-1.320.000	+60.000	+320.000	Redução de 8,65%

Fonte: Organizado pelos autores (2025)

Em 2023, a cultura da soja passou a ocupar 22% das APP ao longo dos cursos d'água, um aumento expressivo em relação a 1985, quando sua presença era de apenas 1% (Figura 4). Esse avanço representa um acréscimo de 10.910.000 m² ao longo do período analisado, correspondendo a um crescimento de 2.948,65% entre 1985 e 2023 (Tabela 2).

Figura 4 – Análise das APP de cursos d'água do município de Jari (RS) entre o período de 1985 a 2023

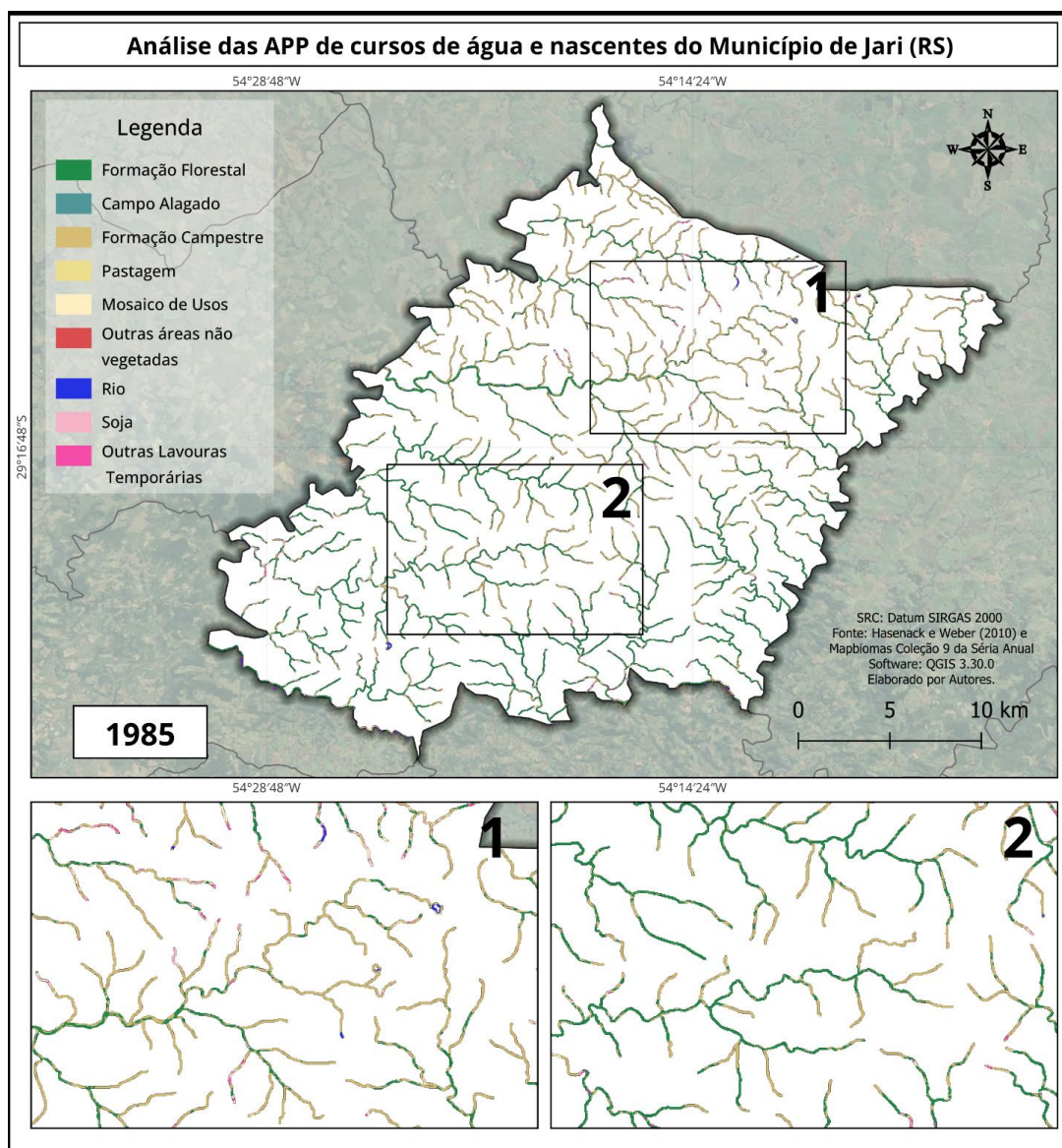


Fonte: Organizado pelos autores (2025)

Especialmente, em 1985 (Figura 5), a análise detalhada de determinadas áreas revela, na porção norte (área ampliada 1), a predominância da formação campestre nas APP. Contudo, já se observam lavouras de soja em algumas margens de canais de drenagem e nascentes, o que evidencia os primeiros indícios de conversão da vegetação natural para uso agrícola. Esse processo está associado, sobretudo, à presença de Latossolos e a um relevo caracterizado por colinas suavemente onduladas que favorecem o plantio da soja.

Por outro lado, na porção sul (área ampliada 2), verificou-se o predomínio da Formação Florestal e Campestre, especialmente na região do Rebordo do Planalto. Essa área apresenta maior declividade e a presença de Neossolos, o que dificulta o plantio da soja, portanto, ocorreu a preservação das áreas de campo natural.

Figura 5 – Análise das APP de cursos d'água e nascentes do município de Jari (RS) de 1985

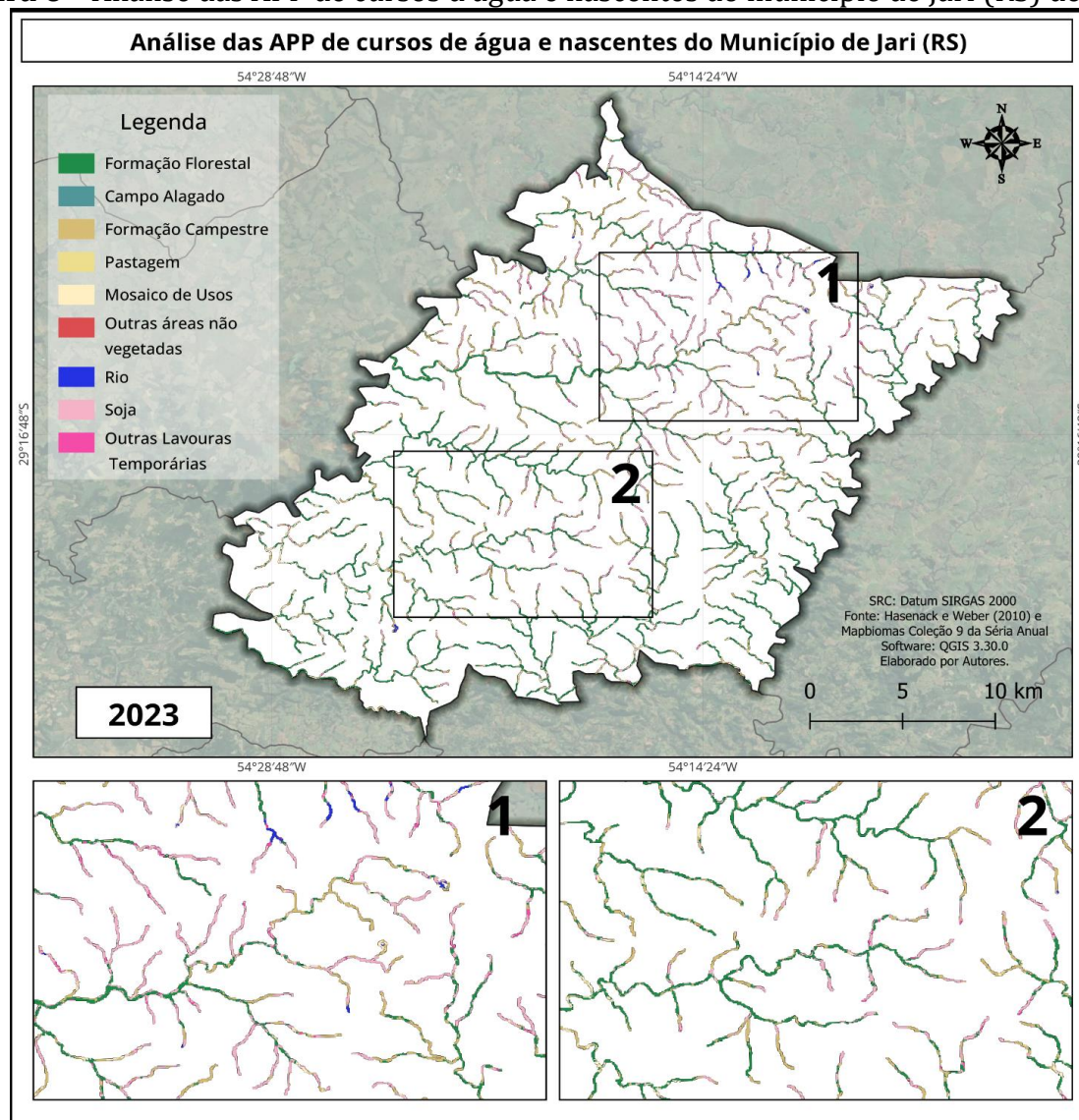


Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Em 2023 (Figura 6), na área ao norte (área ampliada 1), a cultura da soja ocupava diversas APP, incluindo canais de drenagem e nascentes, como resultado da conversão da formação campestre para áreas agrícolas. Sendo uma região favorável ao cultivo, com relevo suave a ondulado em Latossolos e Argissolos, a pressão sobre as APP foi potencializada tendo em vista que houve no mercado nacional e internacional uma valorização do preço do grão, o que atraiu os agricultores a expandirem as áreas de plantio de soja.

Na porção sul (área ampliada 2), verificou-se que a soja avançou sobre algumas margens de canais, porém sua expansão permaneceu limitada a porções menos declivosas. Esse cenário pode ser atribuído às características do relevo em porções de morros e morrotes, que dificultam a mecanização agrícola e favorecem a manutenção da vegetação natural.

Figura 6 – Análise das APP de cursos d'água e nascentes do município de Jari (RS) de 2023

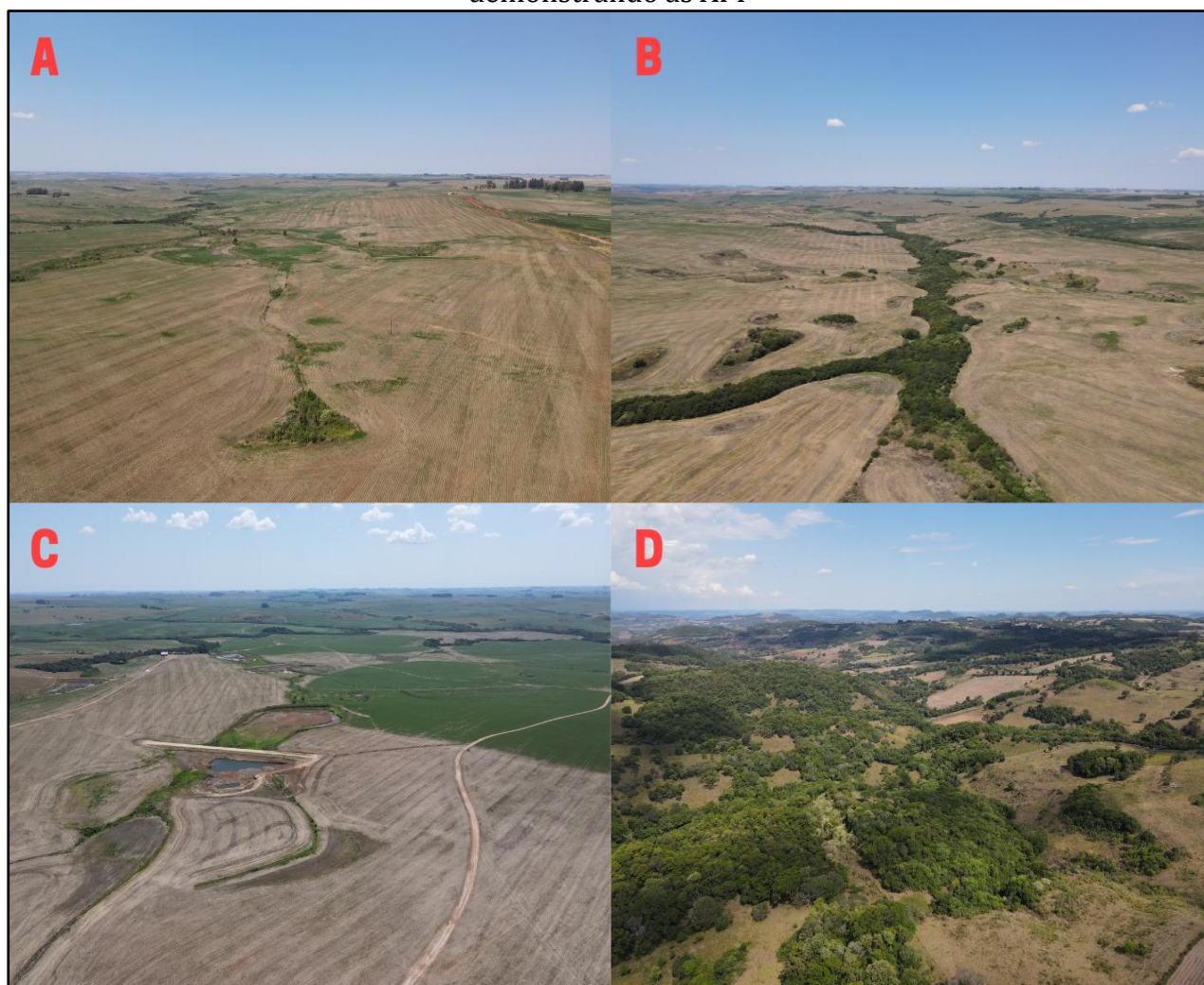


Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Em campo, observou-se a expansão da cultura da soja em direção às margens dos rios, especialmente nas porções ao norte do município, corroborando com os dados do MapBiomas. Salienta-se que a ocupação avançou sobre canais de primeira ordem (Figura 7 A), no entanto, ainda há áreas preservadas ao longo dos cursos d'água, particularmente na região nordeste do município (Figura 7 B).

Ao Norte, predominam agricultores com extensas áreas cultivadas, os quais adotam técnicas de manejo para enfrentar períodos de estiagem, como a construção de reservatórios de água destinados à irrigação das lavouras de soja. Essa prática tem modificado a hidrografia dos canais, conforme observado em campo (Figura 7 C). No Sul, as lavouras são, em geral, menores e situadas em um relevo mais declivoso. Nessa região, a preservação das áreas no entorno dos cursos d'água é mais evidente (Figura 7 D), com áreas de formação florestal e campestre, o que pode influenciar diretamente a dinâmica de ocupação das APP.

Figura 7 – Fotografias obtidas por drones durante as saídas de campo no município, demonstrando as APP



Fonte: Acervo dos autores (2025)

5. Discussões

O estudo demonstrou a expansão da soja em APP de cursos d'água e nascentes no município de Jari (RS), em substituição à formação campestre, vegetação natural do bioma Pampa. Estes dados vão ao encontro de outros estudos. Righi et al. (2023), por meio da análise de imagens Landsat 8 de 2022, identificaram que 42,5% das APP impactadas no município de Vacaria (RS) estavam associadas ao uso agrícola. De forma semelhante, Hass et al. (2018) analisaram APP em uma bacia hidrográfica entre os municípios de Frederico Westphalen e Taquaruçu do Sul (RS), constatando a supressão da vegetação nativa para fins agropecuários. Esses dados reforçam a necessidade de compreender as dinâmicas de mudança de LULC para embasar estratégias de gestão sustentável dos recursos naturais (Dos Santos Alves *et al.*, 2021; De Sousa et al., 2021; Caballero *et al.*, 2023), no âmbito do RS.

O acelerado crescimento das áreas dedicadas ao cultivo da soja está diretamente relacionado às dinâmicas do comércio internacional de *commodities* agrícolas, as quais vêm moldando os cenários globais de produção alimentar nas últimas décadas (Silva *et al.*, 2017). Esses fluxos comerciais provocam transformações significativas no espaço geográfico, especialmente por meio da expansão de monoculturas destinadas à exportação (Meyfroidt et al., 2014). No contexto local, de Jari (RS), esse processo está associado à intensificação da concentração fundiária, onde pequenos agricultores, que tradicionalmente dependem da pecuária, muitas vezes sofrem pressão para vender suas terras para grandes proprietários, que buscam expandir as lavouras (Beilfuss; Petsch; Trentin, 2024).

Essa mudança na estrutura fundiária pode resultar em uma série de consequências negativas, incluindo deslocamento forçado e desemprego, à medida que os métodos agrícolas tradicionais são substituídos por práticas mais industrializadas (Horacio; Donizete, 2020). A transição para soja pode levar a uma mudança estrutural na região, impactando na vida das comunidades rurais (Schwenk, 2013). Em escala global, os mesmos fluxos sustentam uma cadeia de produção de alimentos altamente dependente de territórios exportadores, o que levanta questionamentos sobre a sustentabilidade desse modelo e suas implicações para a segurança alimentar mundial, especialmente diante das crises climáticas e geopolíticas (Maluf; Speranza, 2014).

Nos últimos anos, o Pampa brasileiro tem se mostrado extremamente vulnerável, devido à conversão de áreas naturais para usos agrícolas (Segatto *et al.*, 2024), ademais o bioma tem sido negligenciado pelas leis de proteção ambiental, apesar de sua ampla importância ecossistêmica e social (Da Silva *et al.*, 2024). Ao analisar o ritmo de expansão, alteração e

dinâmica da LULC nas áreas de APP em Jari (RS), torna-se urgente refletir sobre o cumprimento da legislação e a manutenção das áreas preservadas do bioma Pampa. Essa preocupação se intensifica diante de estudos que projetam que, até 2030, mais de 50% das áreas do município estarão convertidas em lavouras de soja (Beilfuss; Petsch; Trentin, 2024).

A rápida expansão da soja no município de Jari (RS), incluindo áreas marginais aos cursos d'água, evidencia a forte dependência dos agricultores em relação a essa cultura. Beilfuss (2025) identificou diferentes estágios desse avanço entre 1985 e 2021, destacando o segundo estágio, entre 1999 e 2014, como um período de crescimento acelerado. Nesse intervalo, a soja expandiu-se para diversas áreas do município, inclusive em regiões com condições menos favoráveis ao cultivo, com uma ocupação mais intensa nas APP, conforme também observado no presente estudo. Além do impacto ambiental, a economia local é amplamente sustentada pela produção de soja, tornando o PIB do município altamente dependente dessa atividade agrícola, configurando uma situação de monoculturalização.

Reflete-se que a formação campestre está presente nas APP de Jari (RS), sobretudo na porção sul. Contudo, o manejo inadequado do solo, especialmente o pastoreio excessivo em áreas de transição, pode resultar na degradação da cobertura vegetal, intensificando processos erosivos e comprometendo a manutenção de espécies forrageiras de alto valor ecológico e produtivo (Nabinger *et al.*, 2000; Overbeck *et al.*, 2015). É necessário que as resoluções e instruções regulatórias considerem o tipo e a intensidade mínima do manejo da pecuária para manter a integridade ecológica dessas áreas (Kuplich; Capoane; Costa, 2018; De Moraes Stefanello *et al.*, 2021).

Adicionalmente, a soja apresenta notável capacidade adaptativa a condições adversas, como solos sujeitos a alagamentos temporários (Pires *et al.*, 2002), aspecto favorecido pelos avanços biotecnológicos e pelo melhoramento genético da cultura. No entanto, essa expansão não ocorre sem impactos ambientais. Durante a entressafra, a ausência de cobertura vegetal no solo aumenta a vulnerabilidade à erosão e à mobilização de sedimentos que ao serem transportados para os canais de drenagem, favorecem processos de assoreamento (Gass; Silva; Arruda, 2024). Esses impactos podem comprometer a qualidade hídrica e afetar a biodiversidade local, interferindo na fauna e flora associadas a esses ecossistemas (Soininen *et al.*, 2015; Ben; Schnorr; Robaina, 2022; Ferreira; Montini; Grizio-Orita, 2023). Ademais, a cobertura vegetal forma um amortecimento natural adjacente aos canais de drenagem e são importantes para alcançar uma boa qualidade da água e manter altos níveis de biodiversidade (Naiman *et al.* 2010; Tolkkinen; Vaarala; Aroviita, 2021).

Além da perda das zonas de amortecimento natural ao longo das margens dos canais de drenagem, observa-se em campo uma expansão dos açudes no município. De modo geral, essa ampliação reflete o aumento da demanda hídrica para a agricultura e a busca por infraestrutura para mitigar os impactos das estiagens. Durante o período de estudo, a ocorrência do fenômeno *La Niña* contribuiu para a redução da precipitação, atrasando o plantio e exigindo medidas emergenciais, como replantio e irrigação (Beilfuss, 2025). Diante das mudanças observadas no LULC do município e da projeção de um aumento na frequência de eventos extremos de *La Niña* no futuro (Marjani; Alizadeh-Choobari; Irannejad, 2019), cresce a preocupação com a intensificação das estiagens no município. Embora ações como a construção de açudes sejam adotadas como estratégias de adaptação, é necessário avaliar sua compatibilidade com a sustentabilidade ambiental.

O município enfrenta um cenário de crescente vulnerabilidade em relação à segurança hídrica e às mudanças climáticas. Estudos para a América do Sul indicam que as secas no sul do Brasil poderão intensificar o estresse hídrico nas bacias hidrográficas, dificultando a captação de água para irrigação e reduzindo a disponibilidade para outros usos consuntivos (Alves *et al.*, 2023). Nesse contexto, a extração de água de açudes e sua utilização na irrigação tendem a agravar os impactos das estiagens sobre os recursos hídricos do município.

Por fim, além da expansão da soja, o desmantelamento das políticas ambientais ameaça os importantes avanços na conservação ambiental obtidos nas últimas décadas (De Moraes Stefanello *et al.*, 2021). A flexibilização da legislação, a redução da fiscalização e a fragilização dos mecanismos de proteção ambiental podem intensificar ainda mais os impactos negativos sobre os ecossistemas, comprometendo a resiliência ambiental e os serviços ecossistêmicos essenciais para a manutenção da biodiversidade e da qualidade dos recursos hídricos.

6. Considerações Finais

A análise da dinâmica de ocupação das APP de nascentes e cursos d'água no município de Jari (RS), entre 1985 e 2023, revelou uma significativa conversão da formação campestre para o cultivo da soja. Esse processo resultou na expansão da fronteira agrícola, impulsionada pela valorização da cultura da soja e pelo suporte oferecido por cooperativas e empresas do setor. O avanço da soja sobre as APP de nascentes e cursos d'água demonstrou a pressão exercida pela agricultura sobre os ecossistemas naturais, refletindo um padrão recorrente de transformação da paisagem e uso da terra no bioma Pampa.

Além disso, a ocupação da soja em áreas de APP de cursos d'água ocorreu em ritmos distintos ao longo do tempo, com destaque para os períodos de 1995 a 2005 e 2005 a 2015, quando a expansão atingiu 4.900.000 m² e 4.770.000 m², respectivamente. No entanto, é fundamental considerar que fatores físico-naturais impõem limitações à expansão dessa cultura, como a presença de solos rasos e porções de relevo mais declivosos localizados ao sul, que restringem a viabilidade do cultivo.

Diante desse cenário, reforça-se a necessidade de políticas públicas eficazes para a preservação das APP de margem de cursos d'água e nascentes, bem como a promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis. O incentivo à recuperação de áreas degradadas e a fiscalização rigorosa da ocupação dessas regiões são fundamentais para garantir a sustentabilidade ambiental e a segurança hídrica a longo prazo. O estudo contribui para a compreensão da dinâmica de LULC de Jari (RS), forneceu subsídios para futuras pesquisas e a formulação de estratégias de gestão ambiental mais eficazes.

5. Referências

ALVES, Marco Aurélio Barbosa *et al.* Effects of land use and cropping on soil erosion in agricultural frontier areas in the Cerrado-Amazon Ecotone, Brazil, using a rainfall simulator experiment. **Sustainability**, v. 15, n. 6, p. 4954, 2023.

ALVES, Wilany Rodrigues Galvão *et al.* Projeções de mudanças climáticas indicam aumento na duração de períodos secos na América do Sul. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos** (25.: 2023: Aracaju). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.

ANDRADE, Bianca Ott; MARCHESI, E.; BURKART, S.; SETUBAL, R. B.; LEZAMA, F.; PERELMAN, S.; SCHNEIDER, A. A.; TREVISAN, R.; OVERBECK, G. E.; BOLDRINI, I. I. Vascular plant species richness and distribution in the Río de la Plata grasslands. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 188, n. 3, p. 250-256, 2018.

ATTRI, Priti; CHAUDHRY, Smita; SHARMA, Subrat. Remote sensing & GIS based approaches for LULC change detection—a review. **International Journal of Current Engineering and Technology**, v. 5, n. 5, p. 3126-3137, 2015.

BAEZA, S.; VÉLEZ-MARTIN, E.; ABELLEYRA, D.; BANCHERO, S.; GALLEGU, F.; SCHIRMBECK J.; VERON, S.; VALLEJOS, M.; WEBER, E.; OYARZABAL, M.; BARBIERI, A.; PETEK, M.; GUERRA LARA, M.; SARRAILHÉ, S.S.; BALDI, G.; BAGNATO, C.; BRUZZONE, L.; RAMOS, S.; HASENACK, H. Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: The MapBiomass Pampa initiative. Remote Sensing Applications: **Society and Environment**, v. 28, p. 100834, 2022.

BEILFUSS, E. **Elaboração e Análise do Atlas Geoambiental do Município de Jari - RS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia Bacharelado) - Universidade Federal de Santa Maria (RS), 2022.

BEILFUSS, Eric Moisés ; PETSCH, C. ; BEN, F. D. ; ROBAINA, L. E. S. ; TRENTIN, R. ; SCCOTI, A. A. V. **Atlas Geoambiental de Jari-RS**, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/27509>.

BEILFUSS, Eric Moisés. **Análise espacial da cultura da soja e sua interação com o meio físico e a precipitação pluviométrica:** um estudo no município de Jari (rs), utilizando técnicas de geoprocessamento. Dissertação (Mestrado em Geografia). Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria (RS), 2025.

BEILFUSS, Eric Moisés; PETSCH, Carina; TRENTIN, Romario. Dinâmica do uso e cobertura da terra em Jari (RS) e cenários de expansão da soja entre 2025-2030 Dynamics of land use and land cover in Jari (RS) and soybean expansion scenarios between 2025-2030. **RAEGA - O Espaço Geográfico Em Análise**, 60, 209-229, 2024.

BEN, Franciele Delevati; SCHNORR, Giorge Gabriel; DE SOUZA ROBAINA, Luís Eduardo. Análise das relações de uso da terra e desenvolvimento econômico no município de Nova Esperança do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 44, p. e21-e21, 2022.

BOLDRINI, I. L. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. **Campos sulinos:** conservação e uso sustentável da biodiversidade, p. 63-77, 2009.

BRANCO, Vivian Teixeira Alves; DA CROCE, Aliane Pedroso; SCHAFER, Alexandro Gularte. As alterações no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Bocarra, Rio Grande do Sul, entre 2003 e 2014. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**. Santos, São Paulo, p. 7804-7811, 2017.

CABALLERO, C. B.; BIGGS, T. W.; VERGOPOLAN, N.; WEST, T. A. P.; RUHUOFF, A. Transformation of Brazil's biomes: The dynamics and fate of agriculture and pasture expansion into native vegetation. **Science of the Total Environment**, v. 896, p. 166323, 2023.

CHOWDHURY, Masuma; HASAN, Mohammad Emran; ABDULLAH-AL-MAMUN, M. M. Land use/land cover change assessment of Halda watershed using remote sensing and GIS. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 23, n. 1, p. 63-75, 2020.

DA SILVA, C. F.; CAMPOS, M. C. C.; COSTA, D. F. S.; SCHNECK, F.; HEPP, L. U. Mapping and Identification of Ecosystem Services Hotspots in the Brazilian Pampa Biome. **Environmental Management**, p. 1-13, 2024.

DE MORAES STEFANELLO, M.; ROVEDDER, A. P. M.; FELKER, R. M.; GAZZOLA, M. D.; CAMARGO, B.; PIAIA, M. B.; MATIELLO, J.; PROCKNOW, D. Cattle rearing promotes changes in the structure and diversity of vegetation in a forest remaining in the Pampa biome. **Ecological Engineering**, v. 161, p. 106154, 2021.

DE SOUSA, Maria da Conceição; VELOSO, G. V.; GOMES, L. C.; FERNANDES-FILHO, E. I.; OLIVEIRA, T. S. Spatio-temporal dynamics of land use changes of an intense anthropized basin in the Brazilian semi-arid region. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 24, p. 100646, 2021.

DEFOURNY, Pierre; BONTEMPS, S. BELLEMANS, N.; CARA, C.; DEDIEU, G.; GUZZONATO, E.; HAGOLLE, O.; INGLADA, J.; NICOLA, L.; RABAUTE, T.; SAVINAUD, M.; UDROIU, C.; VALERO, S.; BÉGUÉ, A.; DEJOUX, J.; EL HARTI, A.; EZZAHAR, J.; KUSSUL, N.; LABBASSI, K.; LEBOURGEOU=IS, V.; MIAO, Z.; NEWBY, T.; NYAMUGAMA, A.; SALH, N.; SHELESTOV, A.; SIMONNEAUX, A.; TRAORE, P. S.; TRAORE, S.; KOETZ, B. Near real-time agriculture monitoring at national scale at parcel resolution: performance assessment of the Sen2-Agri automated system in various cropping systems around the world. *Remote sensing of environment*, v. 221, p. 551-568, 2019.

DOS SANTOS ALVES, Wellmo; MARTINS, Alécio Perini; PÔSSA, É. M.; BORGES DE MOURA, D. M.; MORAIS, W. A.; FERREIRA, R. S.; DOS SANTOS, L. N. S. Geotechnologies applied in the analysis of land use and land cover (LULC) transition in a hydrographic basin in the Brazilian Cerrado. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 22, p. 100495, 2021.

FERREIRA, William Henrique Kurunczi; MONTINI, Victória Zaupa; GRIZIO-ORITA, Edinéia Vilanova. Análise e mapeamento das áreas de conflito de uso do solo de áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal-PR. *Revista Espaço e Geografia*, v. 26, p. 346-362, 2023.

GASS, Sidnei Luís Bohn; DA SILVA, Dieison Morozoli; DE ARRUDA, Sidney Ferreira. A leitura e representação da paisagem rural como instrumento de gestão municipal: uma proposta para Santo Cristo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Agua y Territorio/Water and Landscape*, n. 23, p. e7266-e7266, 2024.

HAAS, Aline; CONCEIÇÃO, S. R.; DESCOVI FILHO, L.; HENKES, J. A. Delimitação e caracterização de app através do uso de um sistema de informação geográfica (SIG): o caso das app's nos cursos de água da sub-bacia do lajeado pardo, noroeste do RS. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 7, n. 3, p. 640-649, 2018.

KUPLICH, Tatiana Mora; CAPOANE, Viviane; COSTA, Luis Fernando Flenik. O avanço da soja no bioma Pampa. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*, n. 31, p. 83-100, 2018.

LANFRANCO, Bruno; FERNANDEZ, E.; FERRARO, B.; SOARES DE LIMA, J. M. Historical changes in the Pampas biome, land use, and climate change. In: *Handbook of Behavioral Economics and Climate Change*. Edward Elgar Publishing, p. 162-191, 2022.

LE FÉON, V.; HENRY, M.; GUILBAUD, L.; COIFFAIT-GOMBAULT, C.; DUFRÊNE, E.; KOLODZIEJCZYK, E.; KUHLMANN, M.; REQUIER, F.; VAISSIÈRE, B. E. An expert-assisted citizen science program involving agricultural high schools provides national patterns on bee species assemblages. *Journal of Insect Conservation*, v. 20, n. 5, p. 905-918, 2016.

MALUF, Renato S.; SPERANZA, Juliana S. **Preços dos alimentos, modelos de agricultura e abastecimento alimentar no Brasil: os casos da soja e do feijão**. Relatório técnico. Rio de Janeiro: Centro de Referência em Segurança Alimentar e Nutricional, 2014.

MARJANI, Sajedeh; ALIZADEH-CHOOBARI, Omid; IRANNEJAD, Parviz. Frequency of extreme El Niño and La Niña events under global warming. **Climate Dynamics**, v. 53, p. 5799-5813, 2019.

MARTINELLI, Luiz Antonio et al. Soy expansion and socioeconomic development in municipalities of Brazil. **Land**, v. 6, n. 3, p. 62, 2017.

MATTE, Alessandra; WAQUIL, Paulo Dabdab. Productive changes in Brazilian Pampa: impacts, vulnerabilities and coping strategies. **Natural Hazards**, v. 102, n. 1, p. 469-488, 2020.

MENGUE, Vagner Paz; DIAS DE FREITAS, M. W.; DA SILVA, Tatiana S.; FONTANA, Denise C.; SCOTTÁ, Fernando C. LAND-USE and land-cover change processes in Pampa biome and relation with environmental and socioeconomic data. **Applied Geography**, v. 125, p. 102342, 2020.

NABINGER, Carlos; FERREIRA, E. T.; FREITAS, A. K.; CARVALHO, P. C. F. **Produção animal com base no campo nativo**: aplicações de resultados de pesquisa. Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 175-198, 2009.

NABINGER, Carlos; MORAES, A. de; MARASCHIN, G. E. Campos in southern Brazil. In: **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford UK: CABI Publishing, p. 355-376, 2000.

NAIMAN, Robert J.; DECAMPS, Henri; MCCLAIN, Michael E. **Riparia**: ecology, conservation, and management of streamside communities. Elsevier, 2010.

OVERBECK, Gerhard E. *et al.* Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and distributions**, v. 21, n. 12, p. 1455-1460, 2015.

RIGHI, Eléia; FROZI, M. S.; DRAWANZ, B. B.; ANDRADES FILHO, C; O. Uso e ocupação do solo em Área de Preservação Permanente (APP) no município de Vacaria/RS. **Revista Geoaraguaia**, v. 13, n. 2, p. 1-25, 2023.

ROCHA, Bruno G.R.; AMARO, Hugo T.R.; PORTO, Edson M.V.; GONÇALVES, Charles C.; DAVID, Andréia M.S.S.; LOPES, Elen B. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 376-384, 2018.

RODRIGUES, Carlos Tiago A. Conflict of land use in permanent preservation areas of the Pajeu river Basin-PE, Brazil. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 3, n. 3, p. 71-80, 2013.

RYMASHEUSKAYA, Maryna. Land cover change detection in northern Belarus. In: **Proceedings, ScanGIS**. p. 255-260, 2007.

SEGATTO, Ana Lúcia A.; QUINTANA, Isadora V.; REGINATO, Marcelo; BAEZ-LIZARAZO, Mabel R.; ERNST OVERBECK, Gerhard; TURCHETTO, Caroline. Microevolutionary perspectives for conserving plant diversity in South Brazilian Grasslands (Campos Sulinos). **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 22, n. 2, p. 137-145, 2024.

SILVA, R. F. B.; BATISTELLA, M.; DOU, Y.; MORAN, E.; TORRES, S.M.; LIU, J. The Sino-Brazilian telecoupled soybean system and cascading effects for the exporting country. **Land**, v. 6, n. 3, p. 53, 2017.

SOININEN, Janne; BARTELS, Pia; HEINO, Jani; LUOTO, Miska; HILLEBRAND, Helmut. Toward more integrated ecosystem research in aquatic and terrestrial environments. **BioScience**, v. 65, n. 2, p. 174-182, 2015.

SOUZA, C. M., Jr.; Z. SHIMBO, J.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; A. ALENCAR, A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; G. FERREIRA, L.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; DE OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E.; LENTI, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. .; SIQUEIRA, J. V.; VIERA, J. L.; FERREIRA NETO, L. C.; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T.; Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.

TOLKKINEN, Mikko; VAARALA, Saku; AROVIITA, Jukka. The importance of riparian forest cover to the ecological status of agricultural streams in a nationwide assessment. **Water Resources Management**, v. 35, n. 12, p. 4009-4020, 2021.

VON WITZKE, Harald; NOLEPPA, Steffen. Biofuels: Agricultural commodity prices, food security, and resource use. A review of the scholarly literature and the public debate. **Agripol Research Paper**, v. 2, 2014.