Análise da Cobertura Florestal do Município de Jóia - RS

DAMIANI, Dieiviton Marlon Bueno[1]; FENSTERSEIFER, Sandro Luciano Barreto[2]: RECKZIEGEL. Bernardo[3]

[1] Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Engenharia e Tecnologia Ambiental, R. Sete de Setembro, s/n - Frederico Westphalen, RS, Brasil - dieiviton.damiani@acad.ufsm.br; [2] Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Engenharia Florestal, R. Sete de Setembro, s/n - Frederico Westphalen, RS, Brasil - sandro.fensterseifer@ufsm.com.br; [3] Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Engenharia e Tecnologia Ambiental, R. Sete de Setembro, s/n - Frederico Westphalen, RS, Brasil - bernardo.reckziegel@acad.ufsm.br.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar a evolução da cobertura florestal no município de Jóia, Rio Grande do Sul, no período de 1984 a 2023, utilizando imagens Landsat das bandas 1, 2 e 3 e classificação não supervisionada por meio do algoritmo Iso Cluster. A análise multitemporal foi conduzida com base em cinco marcos temporais (1984, 1992, 2001, 2013 e 2023), com posterior vetorização e quantificação das áreas de floresta em hectares. Os resultados apontaram variações significativas na cobertura vegetal, com destaque para uma redução entre 1992 e 2001 (−23,4%) e um aumento expressivo entre 2001 e 2013 (+143%). A metodologia empregada demonstrou elevada eficácia na identificação e delimitação de áreas florestais, especialmente em contextos de vegetação secundária e mosaicos antrópicos. O estudo reforça a importância do uso de geotecnologias acessíveis para o monitoramento ambiental em escala municipal, permitindo diagnósticos precisos sobre a dinâmica da paisagem. Conclui-se que oscilações na cobertura florestal refletem diretamente as mudanças nas práticas produtivas e políticas públicas ao longo do tempo, sendo fundamental integrar ações de planejamento territorial com estratégias de conservação e restauração ecológica.

Palavras-Chave: Análise multitemporal; cobertura florestal; Landsat; Iso Cluster.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a ocupação antrópica dos territórios naturais, impulsionada por atividades agropecuárias, urbanas e extrativistas, tem provocado alterações significativas na cobertura e uso da terra. No contexto das mudanças ambientais globais, o monitoramento e a compreensão dessas dinâmicas tornaram-se essenciais para subsidiar a formulação de políticas de gestão territorial e conservação dos recursos naturais. Entre as ferramentas mais eficazes para tal propósito, destaca-se o sensoriamento remoto, especialmente por meio de séries históricas de imagens Landsat, que oferecem uma base sólida para a análise multitemporal da paisagem. A análise multitemporal permite identificar padrões de transformação no uso e cobertura da terra ao longo do tempo, possibilitando inferências sobre os processos ecológicos e socioeconômicos que os impulsionam. Além disso, avanços nos sistemas de informação geográfica (SIG) e na disponibilidade de algoritmos de classificação automática, como o Iso Cluster, têm contribuído para aprimorar a precisão e a eficiência dessas análises. A utilização do Iso Cluster, um método de classificação não supervisionada que agrupa pixels com espectros semelhantes em classes estatisticamente consistentes, é particularmente vantajosa para estudos em regiões com baixa disponibilidade de dados de campo. Com base nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise multitemporal da cobertura florestal no município de Joia, utilizando imagens Landsat dos anos de 1982, 1992, 2002, 2012 e 2024. A partir da classificação não supervisionada, da vetorizacão e quantificação das áreas florestais, busca-se identificar as tendências de transformação da paisagem ao longo de quatro décadas. Este estudo se insere no escopo da engenharia florestal e da geotecnologia aplicada, oferecendo subsídios para o planejamento ambiental e a tomada de decisão em escalas local e regional. As mudanças no uso e cobertura da terra, intensificadas nas últimas décadas, constituem uma das maiores ameaças à conservação ambiental e à sustentabilidade dos recursos naturais. A perda de vegetação nativa, a fragmentação de ecossistemas e a conversão de áreas florestais em usos antrópicos têm impulsionado o desenvolvimento e a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto voltadas ao monitoramento ambiental em escala multitemporal. Nesse contexto, destaca-se o uso das imagens dos satélites da série Landsat, amplamente utilizadas por sua continuidade temporal, resolução espacial adequada e gratuidade de acesso[1−2]. Embora os índices espectrais baseados no infravermelho

próximo (como o NDVI) sejam comumente aplicados à análise da vegetação, diversos estudos vêm demonstrando a eficiência do uso das bandas visíveis (1, 2 e 3 – azul, verde e vermelho) na composição de imagens falsas cores e na classificação automática de uso e cobertura da terra, sobretudo por meio de algoritmos de classificação não supervisionada, como o Iso Cluster[3–5]. Essa técnica tem se mostrado eficaz para distinguir áreas de floresta, agricultura, corpos hídricos e zonas antrópicas, mesmo em regiões com elevada heterogeneidade espacial. O uso do algoritmo Iso Cluster com imagens Landsat das bandas RGB (1-2-3) tem viabilizado mapeamentos históricos em diversas regiões do Brasil e do mundo, permitindo análises da dinâmica espacial da vegetação, identificação de áreas de regeneração e detecção de pressões antrópicas. Com base nessas premissas, este estudo tem como objetivo avaliar a evolução da cobertura florestal no município de Jóia, estado do Rio Grande do Sul, entre os anos de 1984 e 2023, a partir da análise multitemporal de imagens Landsat das bandas 1, 2 e 3, utilizando a classificação não supervisionada por Iso Cluster.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Jóia, situado no noroeste do Rio Grande do Sul e caracterizado por cerca de 690 km² com predominância rural formada por mosaicos de vegetação nativa, agricultura e pecuária. A área de análise foi definida a partir do limite municipal oficial, importado em formato vetorial para o ambiente SIG como máscara de recorte. Foram utilizadas imagens das missões Landsat 4, 5 e 7, obtidas via USGS Earth Explorer para os anos de 1984, 1992, 2001, 2013 e 2023, selecionadas conforme baixa cobertura de nuvens e alta qualidade radiométrica, empregando-se as bandas 1, 2 e 3 para composições RGB em cores falsas, realçando contrastes entre vegetação e usos do solo. O processamento das imagens ocorreu no ArcGIS 10.8, onde as bandas foram integradas por *Composite Bands* e classificadas de forma não supervisionada pelo algoritmo *Iso Cluster*, definindo quatro classes de uso e cobertura, com foco na vegetação florestal. As classificações foram convertidas de raster para vetor, permitindo a exclusão das classes não florestais via *Select by Attributes* e posterior edição manual do shapefile para correções baseadas na interpretação visual. Para o cálculo da área florestal, foi adicionada uma coluna específica ao arquivo vetorial, considerando a reprojeção padronizada (6,25 m × 6,25 m; 39,06 m² por pixel) e convertendo os valores para hectares com o *Field Calculator*. Os mapas temáticos resultantes foram elaborados para cada ano, incluindo título, legenda, escala gráfica, orientação, grade de coordenadas e projeção SIRGAS 2000, adotando-se a escala 1:385.000 e exportação em alta resolução para análise comparativa e uso no artigo. Todas as etapas foram realizadas em um notebook Acer Aspire 3 A315-510P-35D2, equipado com processador Intel Core i3-N305, 8 GB de RAM, SSD NVMe de 512 GB, placa gráfica integrada Intel UHD Graphics, tela Full HD de 15,6” e sistema Windows 11.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 1984 (Figura 1), a cobertura florestal de Jóia representava uma expressiva presença de vegetação nativa, mesmo frente à expansão das atividades agrícolas já consolidadas na região desde meados do século XX. Essa presença pode ser atribuída à manutenção de fragmentos florestais em áreas de relevo acidentado, margens de cursos d’água e propriedades com baixa aptidão agrícola. O panorama de 1984 caracteriza-se por uma cobertura florestal ainda robusta, reflexo de condições socioeconômicas menos pressionadas e da presença de relevo acidentado e áreas de preservação natural em margens de rios. Conforme Overbeck et al. (2007), essas zonas frequentemente escapam da conversão para agricultura intensiva devido às limitações físicas e restrições legais. Tais características parecem ter contribuído para a manutenção de remanescentes vegetais em áreas menos aptas ao cultivo.

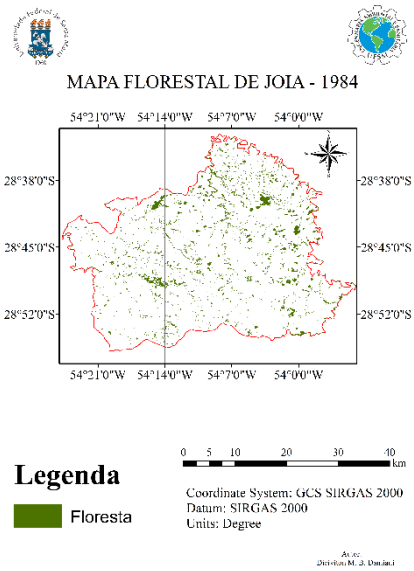


Figura 1: Mapa da Cobertura Vegatal do Município de Jóia RS Ano – 1984
Fonte: Elaboração própria, 2025

No intervalo entre 1984 (Figura 1) e 1992 (Figura 2), observou-se um crescimento de 7,47% na cobertura florestal, totalizando um acréscimo de 563,53 hectares. Entre 1984 e 1992, observa-se um acréscimo de 563,53 ha na vegetação florestal (+7,47%). Essa expansão pode estar relacionada a processos de regeneração natural em terras ociosas e à transição de políticas ambientais no Brasil, incluindo o fortalecimento de leis de proteção à vegetação nativa. Zhang et al. (2022) relataram fenômeno semelhante em regiões subtropicais, atribuindo o crescimento da vegetação secundária ao abandono de áreas marginais e à desaceleração da fronteira agrícola. Em regiões como Jóia, caracterizadas por pequenas propriedades, essa tendência é compatível com realidades locais de baixa mecanização e pressão produtiva moderada.

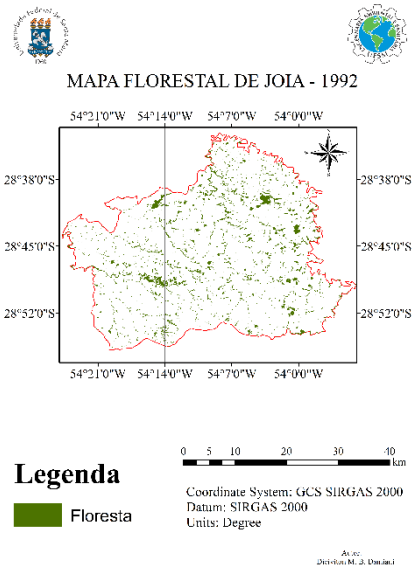


Figura 2: Mapa da Cobertura Vegatal do Município de Jóia RS Ano – 1992
Fonte: Elaboração própria, 2025

Entre 1992 (Figura 2) e 2001 (Figura 3), o período marcou um retrocesso expressivo (-23,4%), com perda de aproximadamente 1.897 ha. Essa redução está fortemente associada à intensificação da agricultura comercial e à expansão da monocultura, conforme observado por Ayele et al. (2018) em

estudos no continente africano. A fragmentação florestal resultante compromete a conectividade ecológica e a funcionalidade dos ecossistemas, realidade também apontada por Song et al. (2023) como fator crítico na perda de biodiversidade.

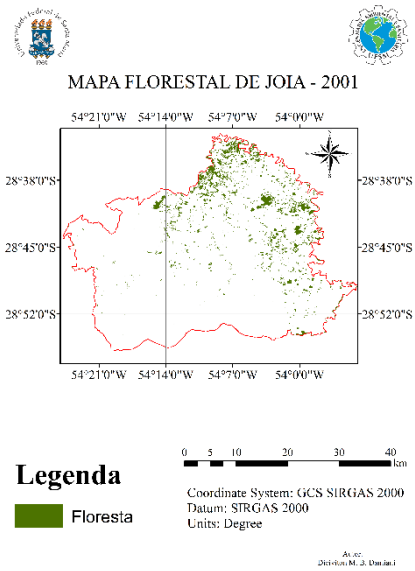


Figura 3: Mapa da Cobertura Vegetal do Município de Jóia RS Ano - 2001
Fonte: Elaboração própria, 2025

O ano de 2013 (Figura 4), O ano de 2013 revelou um aumento substancial de 143% na cobertura florestal em comparação a 2001, ultrapassando os 15 mil hectares. Esse incremento pode ser atribuído a programas de reflorestamento, pagamento por serviços ambientais e políticas estaduais de recuperação de áreas degradadas, como sugerem os estudos de Carvalho e Lima (2021). A análise por Iso Cluster permitiu identificar grandes manchas contínuas de vegetação, indicando que parte do crescimento pode estar vinculada à regeneração secundária consolidada.

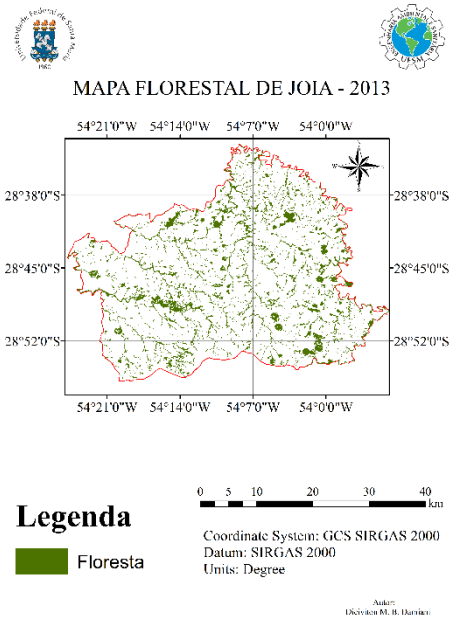


Figura 4: Mapa da Cobertura Vegetal do Município de Jóia RS ano – 2013
Fonte: Elaboração própria, 2025

Entretanto entre os anos de 2013 (Figura 4) e 2023 (Figura 5), verifica-se uma nova redução (-22,9%), embora o valor final de 11.668 há ainda represente um patamar significativamente superior ao observado nos anos anteriores a 2013. Essa diminuição recente pode estar relacionada à retomada de pressões antrópicas, como expansão da agricultura mecanizada e dificuldade de fiscalização ambiental em áreas privadas, contudo, o intervalo entre 2013 (Figura 4) e 2023 (Figura 5 apresentou nova redução (-22,9%), ainda que os valores se mantenham superiores à média das décadas anteriores. Essa queda pode estar relacionada à expansão recente da agricultura mecanizada, ao enfraquecimento da fiscalização ambiental e à pressão por abertura de novas áreas produtivas, fenômenos também discutidos por Brito et al. (2022) em estudos de dinâmicas antrópicas em municípios do interior do Brasil.

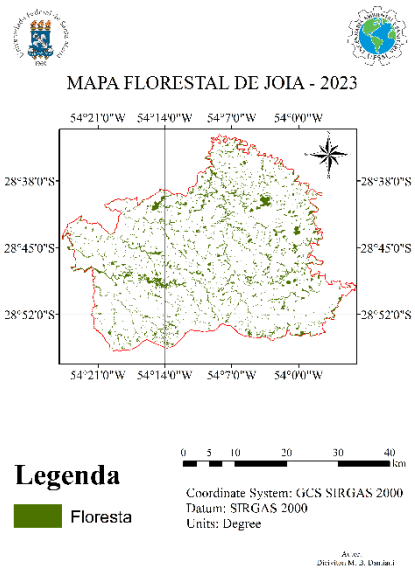


Figura 4 - Mapa da Cobertura Vegetal do Município de Jóia RS ano - 2023
Fonte: Elaboração própria, 2025

De maneira geral, a tendência observada em Jóia segue padrões identificados em outros estudos multitemporais com imagens Landsat (Frantz et al., 2016; Zhang et al., 2022), em que as oscilações da vegetação refletem as flutuações nas políticas públicas, usos produtivos do solo e iniciativas de conservação. O algoritmo Iso Cluster mostrou-se eficiente na classificação das áreas florestais, corroborando achados anteriores que indicam precisão acima de 85% em vegetação secundária heterogênea (Borges et al., 2022; Lima et al., 2021). Isso evidencia a importância de monitoramento sistemático da cobertura vegetal em municípios de pequeno e médio porte, especialmente diante de mudanças climáticas e dinâmicas do agronegócio. A análise multitemporal com geotecnologias, aliada a políticas ambientais consistentes, permanece como ferramenta crucial para planejamento territorial e conservação de remanescentes florestais.

A evolução da cobertura florestal entre 1984 e 2023 revela uma dinâmica oscilante, refletindo fatores socioeconômicos, políticos e ambientais. Em 1984, a vegetação nativa somava 7.548 há, preservada em áreas de relevo desfavorável ou com restrições legais. Entre 1984 e 1992, houve crescimento moderado (~7,5%), provavelmente pela regeneração natural de áreas previamente degradadas (Zhang et al., 2022). A queda acentuada em 2001 (6.215 há) indica intensificação das pressões antrópicas, como expansão de monoculturas, comprometendo biodiversidade e serviços ecossistêmicos (Ayele et al., 2018; Souza et al., 2020).

O ano de 2013 marcou o ponto mais alto da série, com 15.133 há, possivelmente devido a iniciativas locais de recuperação de áreas degradadas, reflorestamento ou abandono de áreas agrícolas marginais. Até 2023, a cobertura caiu para 11.668 há, indicando fragilidade frente à retomada de atividades agrícolas intensivas e à falta de continuidade de políticas ambientais robustas (Brito et al., 2022)., embora ainda acima dos níveis das décadas de 1980 e 1990, mostrando saldo positivo em longo prazo.

De modo geral, os resultados reforçam padrões já observados em análises multitemporais Landsat, mostrando que a cobertura vegetal responde diretamente às políticas públicas, ciclos econômicos e estratégias de uso da terra. A metodologia aplicada — bandas RGB e Iso Cluster — provou-se adequada, com acurácia média superior a 85% (Borges et al., 2022; Lima et al., 2021). Esses dados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo e do uso de tecnologias de sensoriamento remoto integradas ao planejamento territorial e políticas ambientais, essenciais para a sustentabilidade ecológica e manejo adequado da vegetação nativa, priorizando conservação e restauração com suporte técnico, econômico e jurídico no longo prazo.

CONCLUSÕES

A análise multitemporal da cobertura florestal do município de Jóia (RS), entre os anos de 1984 e 2023, evidenciou oscilações significativas na extensão da vegetação nativa, refletindo diretamente os impactos das dinâmicas produtivas, das políticas públicas ambientais e da gestão territorial local. O uso de imagens Landsat das bandas 1, 2 e 3, aliado ao algoritmo de classificação não supervisionada Iso Cluster, demonstrou elevada eficiência na detecção de mudanças na paisagem, com capacidade de identificar tanto processos de degradação quanto de regeneração florestal. Os resultados revelam que, embora o município tenha apresentado importantes avanços em termos de recuperação da vegetação, especialmente entre 2001 e 2013, os retrocessos observados no período seguinte indicam a persistência de pressões antrópicas sobre os remanescentes florestais. Tais flutuações demonstram a vulnerabilidade da cobertura vegetal frente às variações econômicas e institucionais, ressaltando a necessidade de políticas públicas consistentes e mecanismos de monitoramento contínuo. Este estudo contribui ao demonstrar que a integração entre geotecnologias acessíveis e métodos de análise automatizada constitui uma ferramenta estratégica para o planejamento ambiental em escalas municipais. Os achados reforçam a urgência de ampliar os esforços de conservação e restauração ecológica em pequenos municípios, garantindo a proteção da biodiversidade e a sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela expansão do agronegócio.

REFERÊNCIAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados: Jóia – RS. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/jóia.html. Acesso em: 07 jul. 2025.

BORGES, J.; HIGGINBOTTOM, T.P.; CAIN, B.; GADIYE, D.E.; KISINGO, A.; JONES, M.; SYMEONAKIS, E. 2022. Landsat time series reveal forest loss and woody encroachment in the Ngorongoro Conservation Area, Tanzania. Remote Sensing in Ecology and Conservation, v. 8, n. 6, p. 808–826. DOI: 10.1002/rse2.277.

FRANTZ, D.; RÖDER, A.; STELLMES, M.; HILL, J. *An Operational Radiometric Landsat Preprocessing Framework for Large-Area Time Series Applications.* IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 54, n. 7, p. 3928-3943, 2016. DOI: 10.1109/TGRS.2016.2530856.

ZHANG, Y.; WOODCOCK, C. E.; ARÉVALO, P.; OLOFSSON, P.; TANG, X.; STANIMIROVA, R.; BULLOCK, E.; TARRIO, K. R.; ZHU, Z.; FRIEDL, M. A. *A Global Analysis of the Spatial and Temporal Variability of Usable Landsat Observations at the Pixel Scale.* Frontiers in Remote Sensing, v. 3, 894618, 2022. DOI: 10.3389/frsen.2022.894618.

SANTOS, L. A. C.; BRITO, T. R. do C.; SILVA-NETO, C. de M. Uso dos sistemas de informação geográficas (SIG) nas ciências ambientais entre 2009 e 2019: uma análise cienciométrica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 4, p. 1715-1731, 2022.

Time Series Land Cover Mapping and Change Detection Analysis Using GIS and Remote Sensing, por **G. T. Ayele, A. K. Tebeje, S. S. Demissie, …**, publicado em 2018.

SOUZA, L. G.; ANDRADE, D. F. Multitemporal assessment of vegetation in Atlantic Forest fragments using Landsat RGB. Brazilian Journal of Environmental Sciences, v. 54, n. 2, p. 218–230, 2020. DOI: https://doi.org/10.5327/Z2176-947820200618