

ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO DO SINOS PROPOSTA PELA LEI Nº 12.651: DELIMITAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE FORMAÇÃO FLORESTAL NO VALE DO RIO DOS SINOS

Angelo Del Mestre da Rocha ¹, Tatiana Mora Kuplich ², Macleidi Varnier ³, Beatriz da Rosa Cargnin ⁴, Daniele Ghellar De Almeida ⁵, Henrique Roberto Schmitt ⁶, Juan Carlos Guerra Blas ⁷, Bruno Silva de Holanda ⁸, Andressa Garcia Fontana ⁹, Wanessa Mezzomo ¹⁰, Clódis de Oliveira Andrades Filho ¹¹, Denise Cybis Fontana ¹², Atilio Grondona ¹³

¹Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto (CEPSRM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), angelodelmestre@hotmail.com; ²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), tatiana.kuplich@inpe.br; ³CEPSRM/UFRGS, macleidivarnier@gmail.com; ⁴CEPSRM/UFRGS, darosabeatriz6@gmail.com; ⁵CEPSRM/UFRGS, danighellar@gmail.com; ⁶CEPSRM/UFRGS, h_schmitt@outlook.com; ⁷CEPSRM/UFRGS, jguerrablas@gmail.com; ⁸CEPSRM/UFRGS, bruno.s.holanda@gmail.com; ⁹CEPSRM/UFRGS, andressagfontana94@gmail.com, ¹⁰CEPSRM/UFRGS, wanessa.mezzomo@ufrgs.br; ¹¹CEPSRM/UFRGS, clodis.filho@ufrgs.br; ¹²CEPSRM/UFRGS, dfontana@ufrgs.br; ¹³CEPSRM/UFRGS, atilio.grondona@ufrgs.br.

RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente (APP) têm funções importantes como, preservar a biodiversidade e o bem-estar das populações. O objetivo do trabalho foi delimitar a APP Rio dos Sinos em relação ao limite definido no artigo 4º da lei Nº 12.651 e quantificar o quanto de formação florestal tem a partir de uma classificação de uso e cobertura da terra. A área de APP ficou com 11,991 km², sendo que destes cerca de 73% (8,77 Km²) são de formação florestal. Conclui-se que os municípios que mais têm formação florestal proporcionalmente ao total em suas APP são os municípios de Portão e Sapucaia do Sul. A acurácia global foi de 0,86. Para a classe de formação florestal temos uma acurácia de usuário de 0,91 e uma acurácia do produtor de 0,89.

Palavras-chave — Preservação, Uso e cobertura da terra, Sensoriamento remoto, Legislação, Acurácia.

ABSTRACT

Permanent Preservation Areas (APP) have important functions such as preserving biodiversity and the well-being of populations. The objective of the work was to delimit the Rio dos Sinos APP in relation to the limited defined in article 4 of the law Nº 12.651 and quantify how much forest formation it has from or own classification of land use and land cover. The APP area have 11,991 km², of which about 73% (8.77 km²) are forested. We conclude that the municipalities that have the most forest formation in proportion to the total in their APP are the municipalities of Portão and Sapucaia do Sul. The accuracy analysis shows an overall accuracy of 0.86. The forest formation have a user accuracy of 0.91 and a producer accuracy of 0.89.

Keywords — Preservation, Land cover, Remote sensing, Legislation, Accuracy.

1. INTRODUÇÃO

O Rio dos Sinos é um importante curso hídrico no estado do Rio Grande do Sul, principalmente para a região conhecida pelo Vale do Rio dos Sinos, onde foi berço para a colonização alemã, utilizando-o para acessos e transportes. A região, que já foi um importante polo na indústria coureiro-calçadista, atualmente comporta empresas ligadas ao ramo e proporcionou a expansão das manchas urbanas no entorno do rio, muitas vezes desordenada e não respeitando as áreas de proteção do recurso hídrico.

O uso de sensoriamento remoto para estudar a vegetação no entorno dos rios apresenta desafios específicos devido à dinâmica temporal e espacial da vegetação, junto com o entendimento de processos complexos dos rios como o desenvolvimento das populações ecológicas, geomorfologia, impactos antrópicos, entre outros.

O avanço dos impactos antrópicos fez com que políticas públicas fossem criadas à proteção de florestas e ecossistemas nativos. O atual código florestal brasileiro, instituído pela lei Nº 12.651 [1], é um exemplo deste tipo de política.

Assim, o objetivo do trabalho é a delimitação da APP do Rio dos Sinos a partir da delimitação proposta pelo artigo 4º da lei Nº 12.651 e a quantificação da classe de formação florestal dentro dos limites da APP.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área estudada refere-se ao trecho do Rio dos Sinos localizado no Vale do Rio dos Sinos, a leste do estado do Rio Grande do Sul, como mostra a Figura 1. Os elementos numéricos da Figura 1 se referem aos municípios do Vale do Rio dos Sinos que são: 1. Araricá; 2. Campo Bom; 3. Canoas; 4. Dois irmãos; 5. Estância Velha; 6. Esteio; 7. Ivoti;

8. Nova Hartz; 9. Nova Santa Rita; 10. Novo Hamburgo; 11. Portão; 12. São Leopoldo; 13. Sapiranga; 14. Sapucaia do sul.

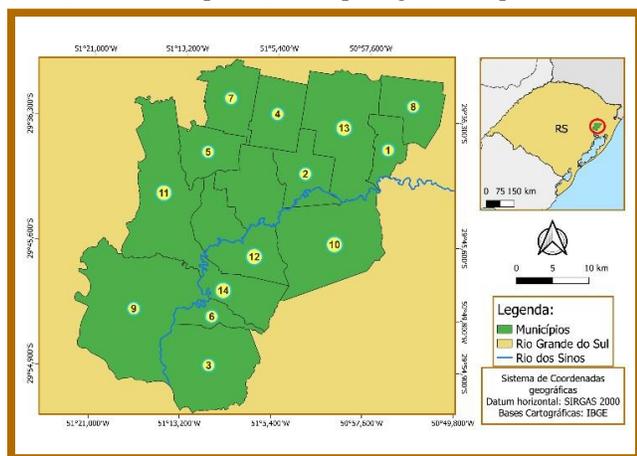


Figura 1. Vale do Rio dos Sinos.

2.2 Área de Preservação permanente

Segundo a lei Nº12.651 as APP são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa [1], onde a preservação e conservação de florestas e outros ecossistemas naturais é importantíssimo para todos, garantindo serviços ambientais básicos [2]. A delimitação espacial da APP para cursos d’água se dá em função de sua largura, para suas faixas marginais, é definida nas alíneas do inciso 1º do artigo 4º da lei Nº 12.651, como expresso na (Tabela 1).

Largura do curso d’água (m)	Largura mínima de APP (m)
Até 10	30
Entre 10 e 50	50
Entre 50 e 200	100
Entre 200 e 600	200
Superior a 600	500

Tabela 1. Parâmetros para largura mínima de APP nos termos da lei Nº 12.651, adaptado de [3].

2.3 Procedimentos para delimitação de APP

Esta etapa foi realizada através da obtenção de dados vetoriais da base cartográfica digital da Região Funcional 1 (RF1), área que abrange, entre outros, os municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre, Vale dos Sinos e Vale do Caí, na escala 1:25.000, elaborada pela parceria entre o estado e o exército brasileiro [3].

Por meio desta base, disponível para consulta na plataforma de dados geoespaciais da Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais (IEDE/RS), foi possível obter na forma de vetor do tipo polígono, o corpo hídrico do Rio dos Sinos,

extraída a partir de ortomagens digitais com resolução espacial de 35 cm, datadas de 2019. De posse deste dado, iniciou-se uma série de geoprocessamentos em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), começando pelo recorte da poligonal do rio para sobrepor somente os municípios contemplados no Vale do Rio dos Sinos. Os dados vetoriais dos limites municipais foram adquiridos da base cartográfica contínua (BC-100) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [4].

Uma vez que o percurso do Rio dos Sinos toma dimensões quilométricas, variando suas larguras e margens ao longo do seu trajeto em direção a foz, fica impraticável definir manualmente toda a faixa marginal de APP do curso d’água. Neste sentido, utilizou-se como base para delimitação automática de APP de curso hídrico, a metodologia utilizada por Jesus e Souza [5], seguindo os seguintes passos no software ArcGIS: (1) edição do polígono, fechando entradas dos afluentes, (2) conversão vetorial de polígono para linha, (3) criação de linha central, transformando linhas duplas em linhas centrais, (4) divisão das linhas em segmentos homogêneos em termos de comprimento, (5) criação de uma coluna na tabela de atributos da linha central, (6) cálculo automático da menor distância entre o vetor (linha) central em relação ao vetor mais próximo, no caso, as margens do rio, (7) criação de uma nova coluna, desta vez para saber a largura total do corpo hídrico, multiplicando o valor da coluna anterior por 2, (8) separação dos segmentos de acordo com seus intervalos, determinados de acordo com a Lei [1], (9) combinação de todas feições poligonais em apenas um arquivo, (10) dissolvimento interno de todos os contornos das feições combinadas, (11) ao final, eliminando o trecho da massa d’água interna contida entre as duas margens, resulta-se assim, no arquivo final de APP do Rio dos Sinos, o qual muda a faixa de preservação de acordo com a largura do rio nos segmentos, automaticamente.

2.4 Classificação

Optou-se por fazer uma classificação própria da área de estudo usando como base 3 classes de uso e cobertura do solo: Corpos hídricos, formação florestal e outras coberturas.

A classificação realizada na área de estudo foi feita dentro no ambiente do Google Earth Engine (GEE), uma plataforma de *big data* e computação em nuvem de dados de satélite [6], utilizando como base a coleção de imagens “COPERNICUS/S2_SR”, os dados selecionados são do satélite Sentinel 2 para o ano de 2020. A classificação foi realizada através de um algoritmo não paramétrico de aprendizado de máquina, o classificador Random Forest, este classificador foi preferido devido à sua flexibilidade e capacidade de produzir classificações de uso e cobertura da terra com boa acurácia [7].

2.5 Acurácia e design de referência

O GEE fornece dados de acurácia, mas eles são referentes à acurácia do classificador e não da classificação em si. O primeiro passo para a acurácia é definir o número de amostras para o design de referência, escolheu-se o tipo de amostragem aleatório estratificado, assim pode-se aplicar a metodologia de Olofsson et. al. [8], que leva em conta as proporções das classes para definir o número mínimo de amostras. Assim, chegou-se ao número de 510 amostras, as quais foram distribuídas de modo aleatório na área de estudo.

Para o design de referência foram utilizadas imagens CBERS-4A do sensor WPM: 158/117 e 158/118, datadas de 22 de novembro de 2021. As imagens foram obtidas através do catálogo de imagens do INPE, com nível de processamento L4 [9].

Realizou-se a transformação das imagens para composição colorida (RGB), em sequência o processo de *pansharpening*, com o objetivo de obter uma imagem de resolução espacial de 2 metros.

Após a coleta dos dados de referência e as devidas concatenações com os dados de classificação, montou-se a matriz de confusão. A partir dela pode-se derivar uma série de parâmetros de acurácia como a acurácia/discordância global, acurácia de usuário, erros de inclusão, acurácia do produtor e erros de omissão [8].

As discordâncias de quantidade e alocação foram calculadas a partir da metodologia de Pontius & Millones [10] e por fim, foi calculado a estimativa de área não tendenciosa em função do erro contido na matriz de confusão [11].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A delimitação da área de APP do Rio dos Sinos apresenta correspondência com a realidade da paisagem fluvial ao longo de todo o curso do rio, variando a largura por toda sua extensão. A APP do Rio dos Sinos abrange dez municípios da região do vale do Rio dos Sinos, totalizando uma área de 11,991 Km². Após a análise da largura do rio, foram identificadas apenas 3 classes de largura mínima para APP, são elas: 30 m, 50 m e 100 m. Ainda sobre as classes de largura de APP, a faixa de 30 metros de APP foi a de menor ocorrência na área de estudo (0,08%), seguida da faixa de 50 metros (44,41%) e por fim a classe predominante de largura foi a de 100 metros (55,51%).

Sobre a acurácia dos dados, obteve-se uma acurácia global de 0,86. Porém, a classe de real interesse no trabalho é a classe de formação florestal, em que a acurácia de usuário é de 0,91 e a acurácia do produtor é igual a 0,89, o que significa que ela foi bem classificada de acordo com o objetivo, em uma primeira perspectiva de aproximação. As discordâncias de quantidade e alocação gera uma outra perspectiva de análise, já que para a classe de formação florestal se destacaram as discordâncias de alocação, que são de 0,114. Neste caso, os erros de quantidade estão em 0,013, ou seja, o valor das discordâncias de alocação é mais do que

10 vezes maior do que as de quantidade. Em geral, a discordância que mais se destacou entre as classes foi a de alocação, o que mostra que a quantidade de pixels classificados foi boa, o que há de se melhorar é a alocação espacial destes pixels classificados. Ao calcularem-se as áreas estimadas não tendenciosas, notou-se que a classe que sofreu maior subtração de área foi a classe de formação florestal, com um decréscimo de 0,84 km² em sua área. A classe que menos variou foi a de corpos hídricos, que teve um crescimento de 0,25 km².

A partir dos dados extraídos diretamente da classificação supervisionada, tem-se que em toda a APP a classe de cobertura predominante é a de formação florestal, que ocupa 8,77 km². O município com mais formação florestal em sua APP é Nova Santa Rita com 2,03 km², e o que menos possui formação florestal em sua APP é o município de Araricá, com apenas 0,17 km². Curiosamente, Novo Hamburgo é o município com maior extensão territorial da região, é o 2º município com a menor cobertura florestal em sua área de APP no Rio dos Sinos. Para melhor elucidar a questão da cobertura florestal, também foi feita a proporção da cobertura florestal pela área total da APP por município, conforme a (Tabela 2).

Município	Cobertura florestal em APP (km ²)	Proporção de cobertura florestal em APP
Sapucaia do Sul	0,91	81%
Portão	0,43	81%
São Leopoldo	1,46	77%
Araricá	0,17	76%
Nova Santa Rita	2,03	74%
Campo Bom	0,85	74%
Novo Hamburgo	0,28	72%
Esteio	0,77	68%
Sapiranga	0,36	63%
Canoas	0,55	55%

Tabela 2. Área de cobertura florestal em APP por municípios.

O município que proporcionalmente menos possui cobertura florestal em sua APP é o município de Canoas, com 55% de área de APP coberta pela classe de formação florestal. Os dois municípios que mais contém presença da classe formação florestal em sua APP são os municípios de Portão e Sapucaia do Sul, municípios vizinhos, com 81% de formação florestal em sua APP. A Figura 2 mostra tanto a delimitação espacial de APP quanto a classificação de uso e cobertura da terra dos 3 municípios que destacamos anteriormente em 2 mapas: o mapa 1 mostra a APP do

município de Canoas e o mapa 2 mostra as APP's dos municípios de Portão (esquerda) e Sapucaia do Sul (direita).

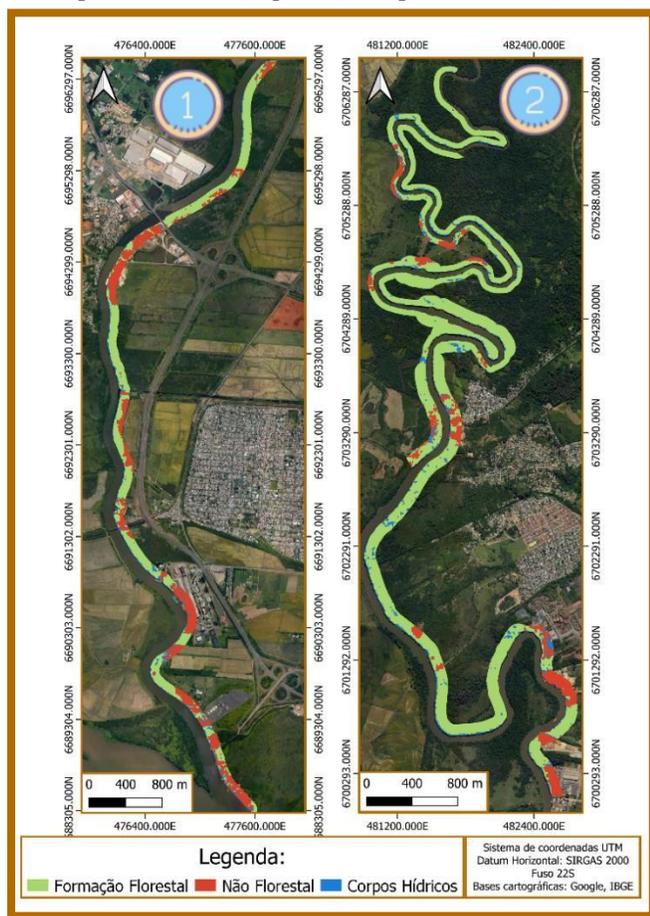


Figura 2. APP do Rio dos Sinos nos municípios de Canoas (1), Portão e Sapucaia do Sul (2).

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados da análise, conclui-se que as faixas de APP ao longo do curso do Rio dos Sinos tem uma boa presença de cobertura florestal, com cerca de 73,14% de cobertura florestal em toda a APP. O município de Canoas foi o que menos apresentou formação florestal em sua APP e é também o município mais próximo da capital do estado. Os dois municípios que têm maior presença de cobertura florestal são vizinhos.

A análise de acurácia mostrou o quão importante é questionar os dados, e também que para a classe de interesse obteve-se uma boa classificação, que foi bem quantificada, porém não tão bem alocada espacialmente.

As metodologias utilizadas, tanto para mapeamento das áreas de APP em rio de dimensões variáveis, como para avaliação da acurácia da classificação destas áreas, mostraram-se viáveis e eficientes. Os mapas gerados podem servir como referência (mapas-base) para monitoramento de áreas de APP, essenciais para a conservação de recursos hídricos, fauna, flora e bem-estar das populações.

6. REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL, lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal brasileiro. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, Ano CXLIX, n.202. 18 de outubro 2012. Seção 1, p.1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 24 de ago. de 2022.
- [2] BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. *Cartilha código florestal 26*. Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/hortalicas/anos-antiores/cartilha-codigo-florestal-26.pdf/view>>. Acesso em: 24 ago. 2022.
- [3] Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (SPGG). Base cartográfica digital da Região Funcional 1 (RF1), na escala de 1:25.000. Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais - IEDE/RS, 2021. Disponível em: <<https://iede.rs.gov.br/portal/sites/#/iede/app/de8059e25dcd472982cc5bc055c14da6>>. Acesso em: 15 set. 2022.
- [4] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Bases cartográficas contínuas. 14 ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15807estados.html?=&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em: 23 jul. 2022.
- [5] J. B. Jesus, and B. B. Souza. Methodology for automatically delimiting permanent preservation areas along water courses: the use of GIS in the hydrological basin of the Sergipe River, Brazil *Revista Árvore*. 40 (v); n. 2, p. 229-234, 2016.
- [6] N. Gorelick, M. Hancher, S. Ilyushchenko, D. Thau, and R. Moore. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202 (v.), 18-27 (pp.), 2017.
- [7] M. Sheykhmousa, M. Mahdianpari, H. Ghanbari, F. Mohammadimanes, P. Ghamisi, and S. Homayouni. Support Vector Machine vs. Random Forest for Remote Sensing Image Classification: A Meta-analysis and systematic review. *IEEE - Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13 (v.), 6308-6325 (pp.), 2020.
- [8] Olofsson et. al. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*. 148 (v), 42-57 (pp.), 2014.
- [9] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). CBERS 04A. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2019.
- [10] R. Pontius, and M. Millones. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 32 (v); n (15), 4407-4429 (pp.), 2011.
- [11] S. Stehman. Estimating area from an accuracy assessment error matrix. *Remote Sensing of Environment*, 132 (v), 202-211 (pp.), 2013.