PROTÓTIPO DE UM MODELO PREDITIVO RANDOM FOREST APLICADO AO ESPRAIAMENTO URBANO NO LITORAL SUL CATARINENSE

Ana Lia De Lorenzi, Sofia Knabben Niveiros, Amanda Schüler Bertoni, Carolina Stolf Silveira, Claudione Fernandes de Medeiros, Fernando dos Santos Calvetti

INTRODUÇÃO

O espraiamento urbano caracteriza-se pela expansão dispersa da ocupação territorial, constituindo um fenômeno relevante para o planejamento urbano, especialmente em áreas costeiras submetidas a intensas transformações ambientais e antrópicas. No litoral de Santa Catarina, esse processo ganha destaque devido ao intenso crescimento urbano associado ao turismo e à valorização imobiliária, contribuindo para a expansão de áreas urbanizadas e para a pressão sobre ambientes costeiros. Dessa forma, compreender o espraiamento urbano torna-se importante para identificar seus impactos e subsidiar estratégias de planejamento e gestão territorial mais adequadas (Pereira, 2011).

Este artigo apresenta resultados da pesquisa que testou um modelo de algoritmo *Random Forest* na previsão do espraiamento urbano no litoral sul catarinense, com recorte espacial compreendido entre os municípios de Imbituba/SC e Capão da Canoa/RS, utilizando dados de sensoriamento remoto. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho e o potencial preditivo do modelo *Random Forest* desenvolvido, verificando sua capacidade de prever o espraiamento urbano observado, identificar padrões de erro e avaliar seu potencial de generalização, considerando também a coerência espacial das projeções geradas.

METODOLOGIA

Utilizou-se a modelagem preditiva como ferramenta de análise, uma vez que essa abordagem combina dados disponíveis, como imagens de satélite, com técnicas de aprendizado de máquina para identificar padrões e gerar estimativas acerca de situações ou condições futuras (Shmueli, 2010). A partir disso, o desenvolvimento do protótipo foi realizado em etapas sucessivas, seguindo a seguinte sequência: (1) obtenção das imagens de satélite; (2) seleção das bandas B4 e B5; (3) preparação e organização dos dados; (4) classificação das áreas urbanas e não urbanas; (5) aplicação do algoritmo *Random Forest*; (6) definição dos anos para projeção - 2025, 2050, 2075 e 2100; (7) geração das projeções futuras; (8) realização de testes e ajustes no modelo; e (9) validação dos resultados obtidos.

Como método de classificação, foi utilizado o algoritmo *Random Forest*, devido à sua capacidade de trabalhar com múltiplas variáveis e realizar classificações a partir da combinação de árvores de decisão, que realizam classificações ou previsões por meio de sequências de decisões baseadas nas características dos dados, até chegar a uma classificação final (Breiman, 2001). O estudo utilizou imagens de satélite obtidas por meio do *United States Geological Survey* (USGS), com uso conjunto das bandas B4 e B5 para a caracterização das áreas urbanas e não urbanas. O processamento dos dados foi realizado em Python, e a utilização do sensoriamento remoto permitiu analisar a dinâmica de ocupação e as transformações da cobertura terrestre (Rogan; Chen, 2004).

Após a classificação, foram geradas projeções para os anos de 2025, 2050, 2075 e 2100. Para isso, foram simulados valores futuros das variáveis a partir dos dados disponíveis para os anos anteriores, posteriormente utilizados como entrada no modelo *Random Forest*. Ao longo do desenvolvimento, diferentes configurações do código foram testadas, envolvendo parâmetros do modelo, resolução das imagens e quantidade de amostras, com o

objetivo de viabilizar o processamento e aprimorar a representação espacial das áreas classificadas. Durante esse processo, foram identificadas limitações na compatibilidade das bandas e no processamento do volume de dados, exigindo ajustes na preparação dos dados e na configuração do modelo, influenciando o desenvolvimento das etapas posteriores de geração e validação das projeções.

RESULTADOS

Nas projeções obtidas, os resultados para 2075 e 2100 apresentaram comportamento espacial semelhante ao cenário de 2050, sem diferenças significativas na distribuição das áreas classificadas. Esse comportamento pode estar relacionado a uma limitação no processo de projeção para esses períodos, cuja causa não pôde ser identificada durante os testes realizados. Por esse motivo, optou-se por concentrar a análise dos resultados nas projeções de 2025 e 2050 (Figura 1), buscando compreender as principais alterações espaciais indicadas pelo protótipo entre os dois períodos.

Considerando, portanto, as projeções de 2025 e 2050, observa-se que os resultados apresentam alterações na distribuição espacial das áreas classificadas pelo modelo. Conforme a legenda, as áreas em preto correspondem às áreas não urbanas, enquanto as áreas em branco representam as áreas urbanas. Em 2025, observa-se uma distribuição mais fragmentada das áreas urbanas, enquanto, na projeção para 2050, verifica-se maior continuidade das áreas classificadas como urbanas em determinados setores da área analisada (Figura 1). Dessa forma, a projeção indica uma tendência de expansão e consolidação da ocupação urbana entre os dois períodos, com redução de algumas áreas classificadas como não urbanas e consequente aumento das áreas classificadas como urbanas. Ressalta-se, contudo, que a classificação do modelo foi estendida para áreas que não fazem parte da superfície terrestre urbanizável, como o Oceano Atlântico. Portanto, essas células devem ser desconsideradas na análise espacial do espraiamento urbano.

Entre as limitações observadas, a simulação das variáveis futuras e o processamento computacional restringiram a realização de novos testes para a geração de novas imagens e previsões, além de terem impedido a validação externa prevista no plano de trabalho. Assim, embora o modelo tenha apresentado potencial para a classificação das áreas, as projeções obtidas ainda não apresentaram consistência suficiente para representar de forma confiável a expansão urbana futura.

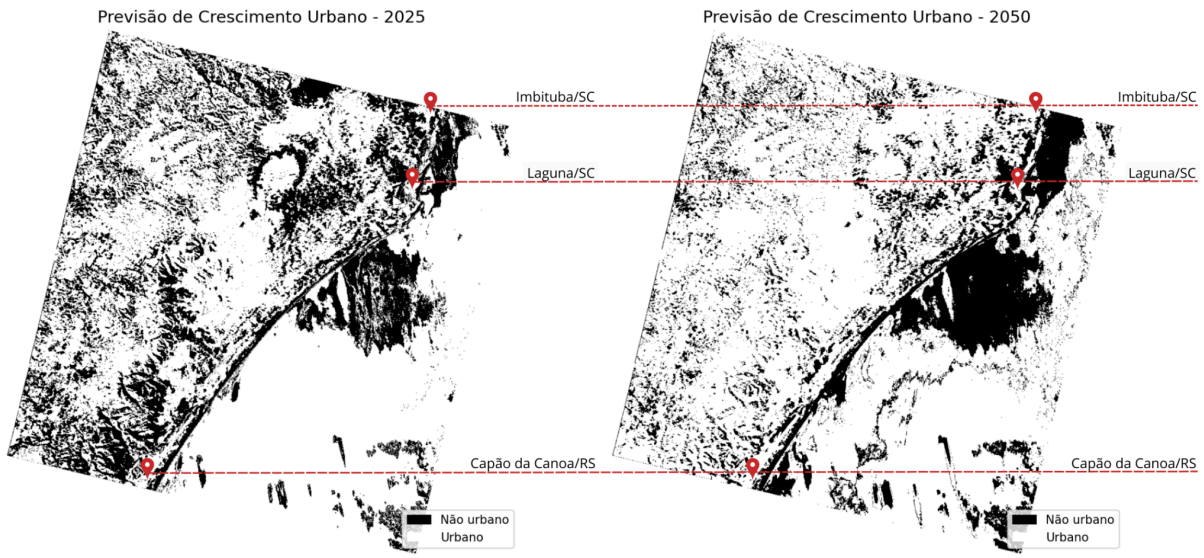
CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos testes do protótipo permitiram avaliar o desempenho do modelo *Random Forest* na classificação e projeção do espraiamento urbano no litoral sul catarinense. Embora o modelo tenha apresentado certa precisão, as projeções apresentaram discrepâncias espaciais em relação à configuração urbana esperada.

Assim, o desempenho obtido na classificação não foi suficiente para garantir projeções espacialmente confiáveis. Recomenda-se, portanto, o aprimoramento do processamento dos dados, da geração das variáveis futuras e dos procedimentos de validação para a continuidade da pesquisa.

Palavras-chave: *Random Forest*; espraiamento urbano; sensoriamento remoto; modelagem preditiva; litoral sul catarinense.

Figura 1. *Situação em 2025, à esquerda e previsão para 2050, à direita para a medição do espraiamento urbano no litoral sul catarinense, com recorte espacial compreendido entre os municípios de Imbituba/SC e Capão da Canoa/RS.*



Fonte: dos autores (2026).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREIMAN, Leo. Random forests. *Machine Learning*, v. 45, p. 5–32, 2001. DOI: 10.1023/A:1010933404324. Disponível em: Springer Nature. Acesso em: 11 ago. 2026.

PEREIRA, Raquel Maria Fontes do Amaral. *Expansão urbana e turismo no litoral de Santa Catarina: o caso das microrregiões de Itajaí e Florianópolis*. Interações, Campo Grande, v. 12, n. 1, p. 101-111, 2011. DOI: 10.1590/S1518-70122011000100010.

ROGAN, John; CHEN, Dongmei. Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. *Progress in Planning*, v. 61, n. 4, p. 301–325, 2004. Disponível em: ScienceDirect. Acesso em: 11 ago. 2026.

SHMUELI, Galit. To explain or to predict? *Statistical Science*, v. 25, n. 3, p. 289-310, 2010. DOI: 10.1214/10-STS330.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). *Landsat missions.* Reston: U.S. Geological Survey, [s. d.]. Disponível em: USGS – Landsat Missions. Acesso em: 11 ago. 2026.