

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL NA QUALIDADE DO HABITAT BASEADO NO MODELO INVEST - UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DO RIO GRANDE, RS

SPACE-TEMPORAL VARIATION IN THE QUALITY OF HABITAT BASED ON THE INVEST MODEL - A CASE STUDY IN THE MUNICIPALITY OF RIO GRANDE, RS

 Débora Vitória Kucharski Nascimento^A

 Júlia Nyland do Amaral Ribeiro^B

^A Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Rio Grande, RS, Brasil

^B Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil

Recebido em: 26/04/2023 | 11/11/2024 DOI: 10.12957/tamoios.2025.75324

Correspondência para: Débora Vitória Kucharski Nascimento (deboravknascimento@gmail.com)

Resumo

A qualidade do habitat se refere a capacidade do ecossistema em fornecer benefícios à população. Em consequência às atividades antrópicas, essa qualidade é afetada, prejudicando a provisão dos serviços ecossistêmicos. Para tanto, objetiva-se demonstrar como as mudanças no uso e cobertura do solo podem alterar a qualidade dos habitats do município do Rio Grande (RS). Assim, para identificá-las, realizou-se uma classificação de uso e cobertura do solo para os anos de 2013 e 2021. Para estimar a qualidade do habitat foi utilizado o modelo Qualidade do Habitat do *software* InVEST, considerando cinco ameaças/estressores aos habitats naturais e foram definidos quatro habitats naturais para a aplicação do modelo. Através das análises do uso e cobertura do solo, constatou-se que as classes consideradas habitats naturais diminuíram sua área de ocupação, enquanto aumentaram as classes consideradas atividades humanas/antrópica, como as Áreas Construídas, Solo Exposto, Silvicultura e Agricultura. Ao fazer as análises sobre os mapas de qualidade e degradação do habitat, resultados do modelo InVEST, percebeu-se que, em 2021, os habitats tiveram perda de sua qualidade e um aumento da degradação. Portanto, os resultados dessa pesquisa reforçam a associação entre as mudanças na qualidade dos habitats e no uso e cobertura do solo.

Palavras-chave: Google Earth Engine; CART; escala likert; serviços ecossistêmicos; zona costeira.

Abstract

Habitat quality refers to the ability of the ecosystem to provide benefits to the population. As a result of human activities, this quality is affected, jeopardizing the provision of ecosystem services. Therefore, the objective is to demonstrate how changes in land use and cover can alter the quality of habitats in the municipality of Rio Grande (RS). Thus, to identify them, a land use and land cover classification was carried out for the years 2013 and 2021. To estimate the quality of the habitat, the Habitat Quality model of the InVEST software was used, considering five threats/stressors to natural habitats and four natural habitats were defined for the application of the model. Through the analysis of land use and land cover, it was found that the classes considered natural habitats decreased their area of occupation, while the classes considered human/anthropic activities increased. When carrying out the analyzes on the habitat quality and degradation maps, results of the InVEST model, it was noticed that, in 2021, the habitats had a loss of quality and an increase in degradation. Therefore, the results of this research reinforce the association between changes in habitat quality and in land use and cover.

Keywords: Google Earth Engine; CART; likert scale; ecosystem services; coastal zone.



INTRODUÇÃO

A qualidade dos habitats pode ser inferida pela capacidade e condições que os ecossistemas têm em fornecer os serviços essenciais para atender as necessidades humanas (HALL; KRAUSMAN; MORRISON, 1997; DE GROOT *et al.*, 2002), ou seja, está relacionada a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos, que são os benefícios fundamentais que as sociedades obtêm dos ecossistemas (MA, 2003; 2005). Além disso, quanto maior a biodiversidade de um ecossistema, maior é a diversidade de serviços prestados por ele (VEZZANI, 2015). Entretanto, ao longo dos anos, a ação antrópica tem afetado a biodiversidade, prejudicando também a qualidade dos habitats (FOLEY *et al.*, 2005). Nesse sentido, entende-se a importância de conservar a biodiversidade para a prestação de funções e serviços ecossistêmicos, visando um desenvolvimento sustentável e condições ideais para a vida (WATSON *et al.*, 2019).

As zonas costeiras são exemplos de ambientes complexos, dinâmicos e sensíveis, em razão da sua diversidade de ecossistemas (MMA, 2002). No entanto, desde o desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades, percebe-se uma intensa exploração dos recursos naturais para gerar riquezas e lazer. Dessa maneira, as zonas costeiras têm sido afetadas pela ação antrópica, a qual, através das atividades agroindustriais e da urbanização, tem causado alteração, fragmentação e supressões em seus habitats (ROSS, 2006; LEITZKE, 2007).

Devido às diversas atividades antrópicas, surge a necessidade do planejamento ambiental na zona costeira (GUERRA e CUNHA, 2005). Segundo Franco (2000), planejamento ambiental é o planejamento das ações humanas no território, baseado no princípio da valoração e conservação dos bens naturais, que visam manter as relações ecossistêmicas existentes. O principal objetivo de um planejamento ambiental é alcançar um desenvolvimento sustentável, assegurando a biodiversidade dos ecossistemas.

De acordo com Santos (2004, p. 10):

[...] planejamento ambiental consiste na adequação de ações à potencialidade, vocação local e à sua capacidade de suporte, buscando o desenvolvimento harmônico da região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e social. Deve prever e indicar mudanças no uso da terra e na exploração de fontes aceitáveis para as comunidades locais e regionais, ao mesmo tempo em que contemple medidas de proteção aos ecossistemas com pouca interferência humana. (SANTOS, 2004 p. 10).

O estado do Rio Grande do Sul tem como bioma principal o Pampa e, assim como as zonas costeiras, possui diversidade de ecossistemas (PILLAR *et al.*, 2009). Dentre eles, destaca-se a presença de matas ciliares, banhados e marismas, os quais fornecem serviços ecossistêmicos importantes, como a regulação hídrica e do microclima, provisão de biomassa para alimentação, proteção contra erosão e inundação, além de serem base para biodiversidade e abrigo para a fauna e flora (RIBEIRO *et al.*, 2020).

Em Rio Grande, município costeiro do Rio Grande do Sul, percebe-se que, em consequência ao desenvolvimento e crescimento urbano, houve uma crescente em investimentos na infraestrutura, causando assim, uma mudança na paisagem, devido ao um maior adensamento urbano e crescimento na área de ocupação de seu território (SFREDO e



TAGLIANI, 2016). Dessa maneira, notam-se algumas consequências dessa expansão, tais como aumento da poluição, liberação de efluentes, retirada de vegetação nativa e aumento de atividade industriais (SFREDO e TAGLIANI, 2016).

Nesse sentido, o presente trabalho visa analisar a qualidade dos habitats em relação a alteração do uso e cobertura do solo do município do Rio Grande entre 2013 e 2021, visto que, a qualidade do habitat é degradada à medida que as atividades humanas são intensificadas (MCKINNEY, 2002). Para tanto, a análise ambiental utiliza técnicas de sensoriamento remoto para facilitar a representação de determinado fenômeno a partir de mapas temáticos. Um exemplo são os mapas de uso e cobertura do solo, os quais são uma das ferramentas de análise mais importantes para o planejamento ambiental, pois, a partir desses mapeamentos, é possível identificar o modo como as atividades humanas estão distribuídas no espaço (BETTINE *et al.*, 2012).

Dessa maneira, o uso de técnicas e procedimentos metodológicos de geoprocessamento, com um grande destaque ao uso do Sensoriamento Remoto, pode contribuir com análises de alteração do uso e cobertura do solo e para o planejamento ambiental, como visto em Pereira *et al.* (2020) e em Araújo e Vital (2020), os quais aplicaram métodos de classificação supervisionada para gerar mapas de uso e cobertura do solo, objetivando analisar a degradação na paisagem em um determinado local.

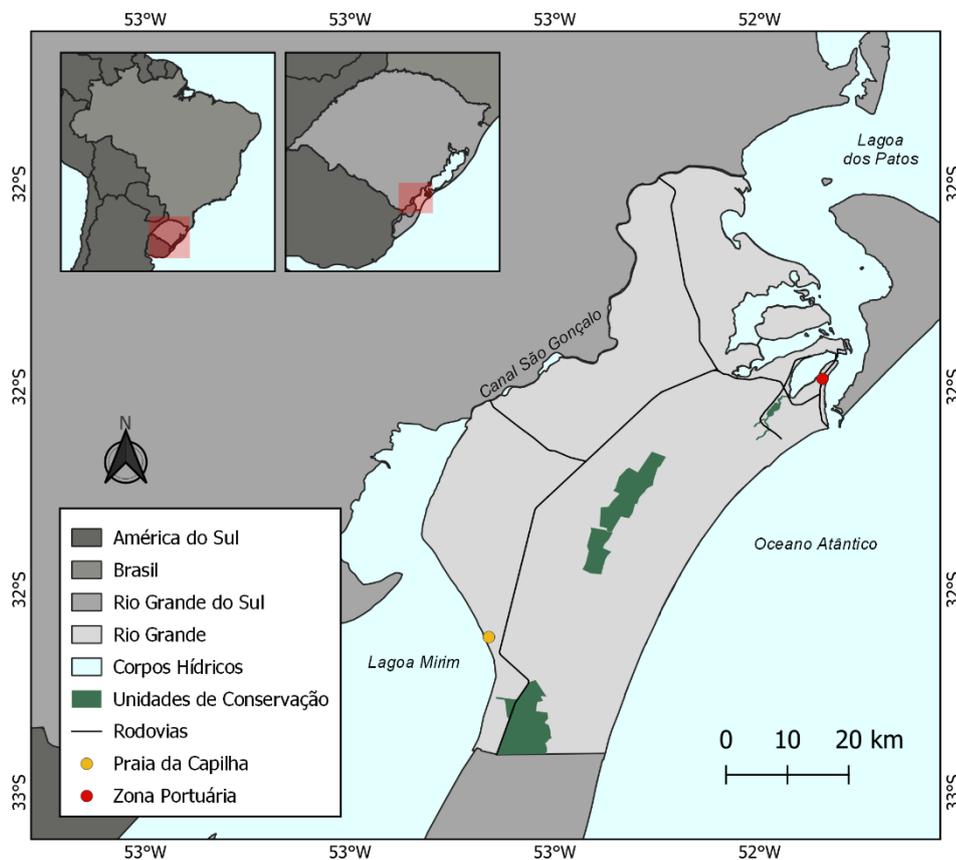
METODOLOGIA

Área de Estudo

O município do Rio Grande está localizado na planície costeira do estado do Rio Grande do Sul entre a Lagoa Mirim, a Lagoa dos Patos, o Canal São Gonçalo e o Oceano Atlântico (Figura 1). A localização costeira de Rio Grande contribuiu para o surgimento de atividades portuárias e rápida urbanização (BEHLING, 2007). Dessa maneira, como influência do porto e da zona industrial, houve um maior investimento na construção de rodovias, visando a exportação e importação de produtos (LOURENÇO *et al.*, 2019).



Figura 1 - Mapa de localização do município do Rio Grande, RS



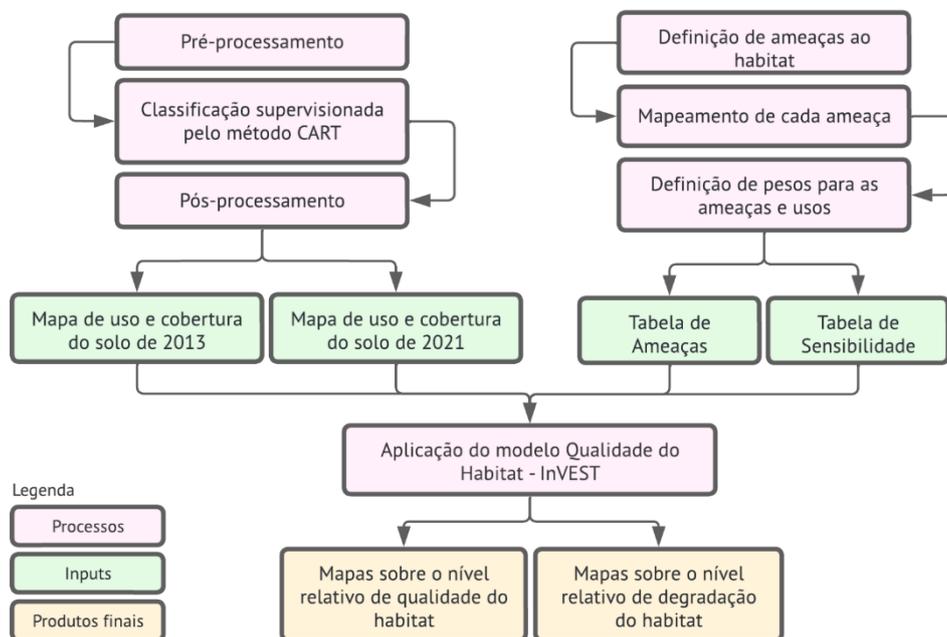
Além disso, o rápido crescimento econômico e expansão desordenada ocorridos em Rio Grande causaram supressões aos ecossistemas, os quais são sensíveis e típicos de zona costeira, como exemplo: lagoas, ilhas, áreas úmidas e dunas (BEHLING, 2007). As Unidades de Conservação (UCs) são uma ferramenta muito utilizada para conservar os recursos naturais, tendo como objetivo proteger os ecossistemas e garantir a provisão dos serviços ecossistêmicos para o bem-estar da população (YOUNG e MEDEIROS, 2018). Cabe destacar que em Rio Grande existem três UCs: a Área de Proteção Ambiental (APA) da Lagoa Verde, o Banhado do Maçarico e a Reserva Ecológica (ESEC) do Taim.

Processos Metodológicos

Os passos metodológicos para a realização do objetivo proposto são estruturados em forma de fluxograma (Figura 2). Para tanto, é importante destacar que os processos se referem aos passos realizados para a construção dos dados de entrada para o modelo, nesse caso os *inputs* são os dados de entrada e os produtos finais são os resultados obtidos ou *outputs*. Buscando detalhar melhor as etapas desenvolvidas, são especificados os materiais utilizados e os processos técnicos e metodológicos.



Figura 2 – Fluxograma metodológico



Classificação Supervisionada

Para gerar um mapa temático referente ao uso e cobertura do solo, foi aplicado o método de classificação supervisionada, para o qual é necessário que o usuário tenha um breve conhecimento da área que será classificada (CRÓSTA, 1992). Além disso, é conveniente a utilização de diferentes composições de bandas, a fim de facilitar a identificação de determinado alvo na imagem e, posteriormente, proporcionar uma classificação mais precisa.

Assim, para esta etapa, foi utilizada a plataforma Google Earth Engine (GEE), que possui um catálogo de imagens de sensores de satélite em escala mundial e permite o processamento e a manipulação de dados geoespaciais. Uma das vantagens do GEE é o armazenamento dos dados em nuvem e a facilidade em executar métodos em um curto espaço de tempo. A plataforma é estruturada em linguagem JavaScript e Python, é gratuita e disponível para pesquisas acadêmicas e comerciais. Os códigos construídos para a classificação supervisionada deste trabalho podem ser acessados por meio do link: https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users/deboravitoriakn/TCC.

Para a elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo do município do Rio Grande, foram selecionadas imagens da primeira coleção do satélite Landsat 8 *Top Of Atmosphere* (TOA) *reflectance tier 1*. O satélite escolhido está em órbita desde 2013 e possui dois sensores: o *Operational Land Imager* (OLI) e o *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Para uma classificação supervisionada mais precisa, é importante selecionar imagens com mínima cobertura de nuvem. Por isso, através do GEE foi introduzido um filtro pelo comando “filterMetadata”, o qual buscou imagens com menos de 2% de cobertura de nuvens. Com o objetivo de realizar uma comparação temporal entre 2013 e 2021, foi aplicado um filtro de data por meio do comando “filterDate”, que buscou imagens no intervalo janeiro/2013 até dezembro/2013 e janeiro/2021



até dezembro/2021. Por fim, foram obtidas as cenas da órbita 221 e pontos 82 e 83 com registro em 30 de agosto de 2013 e 03 de julho de 2021 e foi realizado o mosaico entre as cenas 221/82 e 221/83.

A partir do arquivo vetorial disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) contendo o limite territorial do município, foi feito o recorte da área de estudo, ou seja, o município do Rio Grande. Inicialmente, foram consideradas sete classes para a classificação do uso e cobertura do solo, sendo elas: corpo hídrico, área construída, solo exposto, dunas, silvicultura, área úmida e agricultura/campo. Essas classes foram escolhidas a partir de pesquisa bibliográfica sobre a área de estudo. Ademais, as classes de uso e cobertura do solo aqui consideradas, foram fundamentadas por pesquisas realizadas no município do Rio Grande que adotaram uma classificação igual ou similar, conforme demonstrado em Bonilha (2019) e Sfredo e Tagliani (2016).

O primeiro passo da classificação supervisionada é a coleta dos pontos de treinamento para as classes definidas no processo. Esses pontos de treinamento são amostras dos *pixels* coletados pelo usuário com o propósito de ensinar à plataforma que um conjunto de *pixels*, com seus respectivos valores espectrais, pertence à determinada classe. Foram recolhidos um total de 1.750 pontos amostrais para cada ano, sendo que para cada classe, foram coletados 250 pontos. Buscou-se coletar uma quantidade considerável de amostras para tornar a classificação mais precisa, já que quanto mais amostras coletadas, há maior chance de obter precisão na classificação. As amostras foram divididas em 70% para treinamento e 30% para gerar os parâmetros de validação da classificação, essa divisão foi adotada com base estudos, tais como em Riffel *et. al.* (2016) e Dotto *et. al.* (2014), que seguiram essa mesma metodologia.

Após a coleta das amostras, o *software* compreende o comportamento espectral de cada uma das classes de cobertura terrestre e classifica todos os outros pixels da imagem que não foram coletados. Para tanto, neste trabalho, a classificação supervisionada foi realizada pelo método *Classification and Regression Trees* (CART). O algoritmo de classificação CART se destaca por seu ótimo desempenho e precisão, se baseia em um sistema de árvores de decisões binárias, o qual se ramifica em diversos níveis até chegar ao resultado final (PINHEIRO, 2015). No caso da classificação supervisionada, o algoritmo consiste em comparar o valor espectral dos *pixels* que não foram coletados pelo usuário com o comportamento espectral das classes. Se os valores espectrais coincidem entre si, então o *pixel* pertence à classe. Caso os valores sejam distintos, o algoritmo cria uma nova ramificação até encontrar qual é a classe pertencente ao *pixel* (OTGONBAYAR, 2019).

Ao concluir a classificação foi gerada uma matriz de erro e, a partir dela, foi possível gerar o índice Kappa para medir a acurácia e confiabilidade da classificação para com a verdade terrestre. Tal índice é um dos parâmetros mais eficientes para medir a qualidade da classificação (GANEM, 2017) e é calculado pela Equação 1.

Equação 1 – Índice Kappa



$$K = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c}$$

Onde, P_0 indica a exatidão global (proporção entre o número de amostras classificadas corretamente e o número total de amostras coletadas) e P_c indica a proporção de amostras que foram classificadas corretamente por causalidade.

O índice Kappa expressa resultados em um intervalo entre 0 e 1, em que 1 indica concordância total entre a classificação produzida e a área real. As duas classificações realizadas alcançaram um valor superior a 0,8, portanto, uma classificação considerada excelente por Landis e Koch (1977).

Ao analisar que a classificação foi bem sucedida, as imagens classificadas foram projetadas para o datum SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) zona 22S, pois é o datum padrão utilizado no município do Rio Grande. Também, as imagens foram exportadas em formato .tiff para o *Google Drive* por meio do comando “Export.image.toDrive”. Em seguida, com a necessidade de refinar o mapa, iniciou-se, assim, a etapa de pós-classificação no *software* QGIS. Este processo final é muito importante, pois elimina os ruídos presentes na imagem classificada e contribui para uma maior homogeneidade.

A pós-classificação foi realizada em conjunto ao algoritmo *Majority filter* ou, em português, Filtro de Moda. Este, por sua vez, ameniza os erros mais evidentes da imagem e só pode ser aplicado em uma camada *raster*. Para realizar uma pós-classificação mais detalhada e minuciosa, converteu-se a imagem *raster* para uma camada vetorial e, ao editar os valores na tabela de atributos do vetor, foi possível omitir erros maiores presentes na classificação.

As classes agricultura e campo possuem comportamentos espectrais similares e, por esse motivo, foram classificadas em uma mesma classe. Entretanto, tais classes possuem características distintas, sendo necessário delimitá-las. Assim, de forma manual, também através da tabela de atributos, essas duas classes foram separadas, obtendo-se oito classes. Por fim, as geometrias contidas no arquivo vetorial proveniente da imagem classificada foram dissolvidas e o vetor foi convertido para *raster*. Com o produto cartográfico finalizado, foi realizada uma validação visual através da comparação entre os resultados obtidos e os mapas de uso e cobertura do solo elaborados pelo MapBiomias. Tendo em vista que a classificação realizada pelo MapBiomias é confiável, essa comparação foi realizada fim de verificar o resultado da classificação de uso e ocupação do solo produzida. Através da comparação, notou-se a similaridade entre as classificações. Desse modo, entende-se que os mapas de uso e cobertura do solo do MapBiomias contribuíram para validar os resultados dessa pesquisa e torná-los fidedignos.

Objetivando quantificar as mudanças decorridas entre o espaço temporal escolhido, foi calculada a área ocupada por cada classe, através da calculadora de campo da camada vetorial. Ao obter as medidas das áreas ocupadas, foram subtraídos os valores de cada classe de 2021 pela sua respectiva área de 2013. O valor da subtração foi convertido para porcentagem, a fim de obter o valor percentual de aumento e de diminuição das classes ao longo dos dois anos analisados. Além disso, foi elaborada uma Tabela Cruzada, no *software* QGIS, pelo



plugin *Semi-Automatic Plugin* (SCP) entre os mapas, com a finalidade de identificar quais classes foram suprimidas e quais foram supressoras.

Aplicação do modelo Qualidade do Habitat - InVEST

O *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* (InVEST) é um software gratuito desenvolvido pelo *Natural Capital Project* (NatCap) na Universidade de Stanford em parceria com Academia Chinesa de Ciências, a Universidade de Minnesota e com o Centro de Resiliência de Estocolmo, além da parceria com as maiores Organizações Não Governamentais (ONGs) ambientais do mundo, *The Nature Conservancy* e *World Wildlife Fund*. O software tem como principal objetivo qualificar e quantificar as mudanças ocorridas nos serviços ecossistêmicos, auxiliando para um melhor gerenciamento, conservação e valorização dos recursos naturais.

O InVEST conta com uma variedade de modelos que podem ser executados de acordo com o objetivo do usuário, sendo disponibilizado para o download através do site: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>. Por meio de equações matemáticas, o InVEST quantifica as informações englobadas em mapas e fornece os resultados também em formato de mapa, facilitando a interpretação das potencialidades e problemáticas do ecossistema analisado. Neste trabalho, foi utilizado o modelo *Habitat Quality* ou, em português, Qualidade do Habitat, o qual combina dados de uso e cobertura do solo com ameaças à biodiversidade.

A qualidade do habitat foi calculada considerando algumas ameaças presentes no município, como: movimentação de cargas; mineração; pastagem e pisoteio; poluição do ar, solo e água; e remoção de vegetação natural e aterramento. Tais ameaças foram escolhidas em razão da sua coerência com as atividades presentes no município, ou seja, com as classes definidas nos mapas de uso e cobertura do solo. Além disso, as ameaças citadas são fáceis de serem espacializadas, sendo possível identificar quais áreas do município causam essas pressões/ameaças.

Assim, para a aplicação do modelo Qualidade do Habitat foram utilizados os mapas de uso e ocupação do solo elaborados para 2013 e 2021, os quais foram introduzidos no modelo separadamente. Além dos mapas, o modelo requer duas tabelas com dados acerca dos habitats e das ameaças definidas. As tabelas necessárias são nomeadas pelo modelo como Tabela de Sensibilidade e Tabela de Ameaças.

Na Tabela de Sensibilidade se faz necessário inserir o nome e o *Digital Number* (DN) de cada classe de uso e cobertura do solo, correspondente aos mapas, assim como informar quais classes são consideradas habitat, ou seja, que precisam ser conservadas, preservadas ou que exista alguma lei ambiental incidindo sobre a mesma. As informações de sensibilidade são expressas na tabela com valores variando de 0 a 1, onde 1 corresponde adequação total ao habitat. Nesse caso, apenas os habitats naturais, como corpo hídrico, dunas, área úmida e campo, receberam valor 1. Enquanto as outras classes – os habitats modificados – como: área construída, solo exposto, silvicultura e agricultura, receberam valor 0. Sendo assim, apesar de todas as classes apresentarem possibilidade de serem habitats, nessa pesquisa, para estimar a



qualidade dos habitats, foi considerado habitat apenas os habitats naturais. Por fim, a tabela armazena o nível de sensibilidade de cada habitat para com as ameaças aqui consideradas, também com valores variando de 0 a 1, onde 1 representa alta sensibilidade.

Na Tabela de Ameaças é armazenado o peso de cada ameaça, ou seja, o impacto dela sobre os habitats, com valores entre 0 a 1, sendo o valor 1 um alto impacto dessa ameaça; a máxima distância, em quilômetros, que cada ameaça afeta à qualidade do habitat; e o decaimento, que diz respeito ao modo que a ameaça decai no espaço, podendo ser de forma linear ou exponencial. Além disso, é preciso inserir na tabela o diretório de cada ameaça mapeada em formato .tiff.

Para tanto, objetivando obter as informações espaciais de cada ameaça foi necessário buscar arquivos vetoriais, bem como produzi-los. Desta forma, para mapear as movimentações de cargas, foi obtido, da biblioteca digital da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – RS (FEPAM), um arquivo vetorial, de feições em linhas, das rodovias do Rio Grande do Sul. Para tal informação foram selecionadas somente as rodovias estaduais e federais e que estivesse no limite municipal do Rio Grande. A camada foi reprojeta para o SIRGAS 2000 UTM zona 22S, bem como foi necessário aplicar um buffer de 7 metros para estradas com pistas simples e um buffer de 14 metros para estradas com pista dupla, transformando, desse modo, as feições, inicialmente lineares, em polígonos.

Já através do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE), foram obtidas as poligonais de processos minerários ativos do Rio Grande do Sul. Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 369 de 2006, a prática de mineração em Área de Preservação Permanente (APP) é autorizada, desde que seja de baixo impacto ambiental, de utilidade pública e de interesse social. O arquivo vetorial adquirido também foi reprojeta e se selecionou somente os processos minerários da área de estudo, os quais estão em fase de licenciamento, disponibilidade, autorização de pesquisa, requerimento de registro de extração, requerimento de lavra, requerimento de licenciamento, requerimento de pesquisa e apto para disponibilidade.

A fonte das demais ameaças foi adquirida a partir dos próprios mapas de uso e cobertura do solo, produzidos através do método de classificação supervisionada. Para a pastagem e pisoteio foi feito um recorte das áreas de campo classificadas no mapa, visto que, a principal atividade presente nos campos é a pecuária extensiva, como exemplo a criação de gado, que afeta a vegetação através do pisoteio e remoção de biomassa (PILLAR, 2009). Para poluição do ar, solo e água foram consideradas apenas as áreas construídas. Já para a remoção de vegetação natural e aterramento foram consideradas as classes de agricultura, áreas construídas e silvicultura. A classe áreas construídas foi utilizada para representar a poluição do ar, solo e água e para mapear a remoção de vegetação natural e aterramento, pois um dos impactos provenientes dessas áreas é a produção de lixo e atividades industriais, o que contribui para o aumento da poluição do ar e da contaminação de corpos hídricos; ainda, a permeabilidade do solo é afetada através do aterramento e das construções civis (TUCCI, 2008; SANTOS, K. A. et al., 2017). E a agricultura e a silvicultura representam a remoção de vegetação natural e aterramento, devido a ocorrência dessas atividades nessas classes. Na silvicultura, há a retirada



de vegetação nativa com o intuito de produzir matéria-prima, comprometendo a circulação do vento e da água (COSTA e SATO, 2021). Em Rio Grande, é observado a plantação, principalmente, de *Eucalipytus sp.* e *Pinus sp.* (COSTA e SATO, 2021), sendo utilizadas para a produção de madeira (BONILHA, 2019). E a agricultura é considerada uma atividade que afeta o meio ambiente, a partir do momento que retira a vegetação nativa, causando alterações na paisagem (GUERRA e CUNHA, 2005). Em Rio Grande, existe uma grande concentração dessa prática voltada ao cultivo, principalmente do arroz, mas também de cebola, soja, alho, milho, tomate, mandioca, entre outros (BONILHA, 2019). Por fim, ao mapear as ameaças definidas, todas as camadas de ameaças foram rasterizadas com uma resolução de 30 metros e com valores variando de 0 a 1.

Para adquirir as informações acerca das ameaças e habitats, tais como o impacto das ameaças, a máxima distância, o decaimento e a sensibilidade dos habitats foram consultados profissionais da área, que tinham conhecimento sobre o assunto e que atuavam na temática, como docentes universitários e/ou servidores municipais. Para tanto, foi elaborado e compartilhado um questionário on-line a fim de coletar as informações ditadas. Cabe destacar que, mesmo sendo coletado a opinião de profissionais para a elaboração dos produtos, não houve a necessidade de submeter a pesquisa ao comitê de ética, segundo a Resolução nº 510 do Conselho Nacional de Saúde.

As respostas a serem preenchidas no questionário, referente ao impacto das ameaças e à sensibilidade dos habitats, foram baseadas na escala *likert* com cinco critérios qualitativos: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. Esses critérios correspondiam, respectivamente, aos pesos numéricos: 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 e 1.0. As respostas obtidas no questionário foram analisadas e, em seguida, foi realizada uma média aritmética dos pesos para que então fossem elaboradas a tabela de ameaça e a tabela de sensibilidade, necessárias para a execução do modelo.

Assim, as tabelas foram implementadas, juntamente com os mapas de uso e cobertura do solo no modelo Qualidade do Habitat e, a partir disso, foram gerados os mapas de qualidade do habitat e degradação do habitat, resultados do modelo. Tais mapas foram tratados no *software* QGIS, sendo recortada apenas as áreas consideradas habitats, ou seja, os corpos hídricos, as dunas, as áreas úmidas e os campos. Para obter quais áreas do município haviam sofrido alterações, foi feita uma álgebra de mapas com o mapa de degradação de 2021 e 2013 e com o mapa de qualidade do habitat de 2021 e 2013. Ainda, foi necessário poligonizar o resultado da álgebra de mapas, para que fosse calculada a porcentagem de perda da qualidade e aumento da degradação sobre cada habitat.

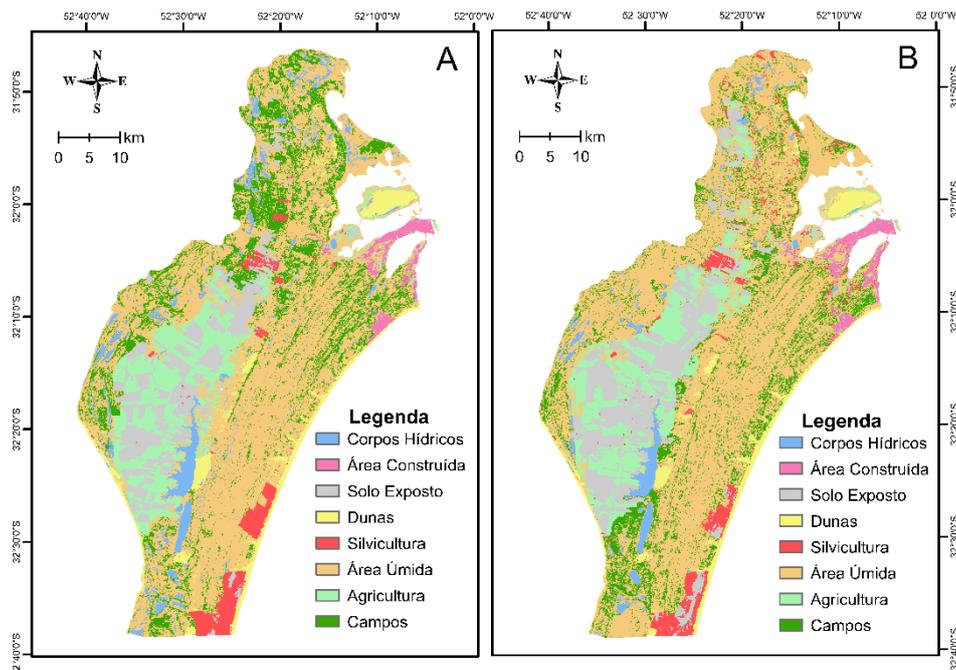
RESULTADOS

Mudanças no Uso e Cobertura do Solo



Os mapas de uso e cobertura do solo foram elaborados para serem introduzidos no modelo InVEST, a fim de calcular a qualidade do habitat. Contudo, também é possível identificar, por meio deles, as mudanças ocorridas no uso e cobertura do solo entre 2013 e 2021 (Figura 3).

Figura 3 – Uso e cobertura do solo (A) em 2013 (B) e em 2021

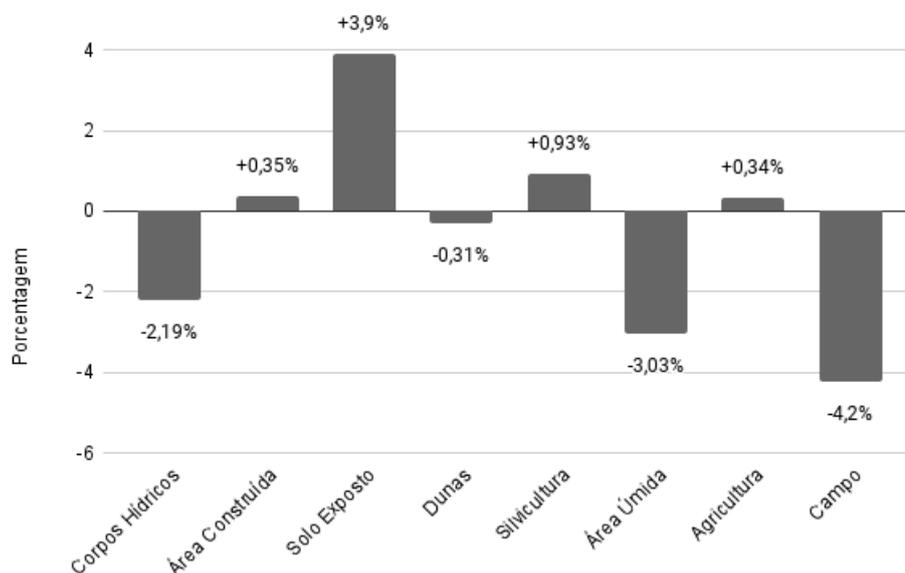


Nota-se que, nos dois anos analisados, há o predomínio de áreas úmidas e de campos no município do Rio Grande (BONILHA, 2019), com proximidade a classes de uso antrópico, como a agricultura, silvicultura e área construída. Identifica-se uma maior concentração de silvicultura no Sudeste do município, próximo a ESEC do Taim. Além disso, destaca-se que a classe dunas abrangeu todas as concentrações de areia e não apenas as dunas do município. Por fim, constata-se que o maior foco de área construída se encontra no Nordeste da área de estudo, onde também estão localizadas as atividades voltadas à indústria.

Para uma análise quantitativa foi calculada a área ocupada por cada uma das classes e, posteriormente, foi calculado o quanto essa área aumentou ou diminuiu, em valores percentuais (Figura 4). Por meio do gráfico, entende-se que o município sofreu algumas mudanças significativas, com o crescimento das classes de uso antrópico (área construída, silvicultura e agricultura) e a redução de áreas naturais (corpo hídrico, dunas, área úmida e campo).



Figura 4 – Percentual das mudanças no uso e cobertura do solo entre 2013 e 2021



As áreas construídas se referem à área urbanizada do município, a qual, entre 2013 a 2021, teve um aumento de 0,35%. Tal área, de acordo com Hallal (2017), é considerada um ecossistema caracterizado pela dominância humana que causa fragmentação nos habitats. Essa área representa duas das ameaças consideradas nesse trabalho: Remoção de vegetação nativa e Aterramento, além da Poluição do ar, solo e água. Um dos impactos provenientes dessas áreas é a produção de lixo e atividades industriais, os quais contribuem para o aumento da poluição do ar e da contaminação de corpos hídricos, além de afetar a permeabilidade do solo, através das construções civis (TUCCI, 2008; SANTOS, K. A. *et al.*, 2017). O aumento dessa classe na área de estudo dessa pesquisa é um resultado esperado, visto que, desde 2010, devido às atividades do Polo Naval e *Offshore*, o município do Rio Grande tem passado por diversas transformações refletindo em sua expansão urbana (SFREDO e TAGLIANE, 2016).

A silvicultura e a agricultura são classes consideradas de uso antrópico, pois envolvem a retirada de vegetação nativa e aterramento. A silvicultura, ao retirar a vegetação nativa, tem como objetivo a produção de matéria-prima (COSTA e SATO, 2021). Entende-se, portanto, que a silvicultura é uma atividade antrópica que explora os recursos naturais com a intenção de fomentar a economia e, em Rio Grande, houve um aumento de 0,93% dessa classe. Já agricultura é considerada uma atividade que afeta o meio ambiente, a partir do momento que retira a vegetação nativa, causando alterações na paisagem (GUERRA e CUNHA, 2005). Em Rio Grande, existe uma grande concentração dessa prática voltada ao cultivo, principalmente do arroz, cebola, soja, alho, milho, tomate, mandioca, entre outros (BONILHA, 2019), sendo possível notar um crescimento dessa prática em 0,34%.

As dunas são áreas naturais e uma das classes consideradas habitats. Em relação à sua ocupação no município, foi observada uma redução de 0,31%. Esse resultado pode ser justificado ao considerar as influências naturais que afetam as dunas, como a orientação da linha de costa, a interação dos ventos, ondas, marés e correntes (CALLIARI e KLEIN, 1993;



CALLIARI *et al.*, 2006). Ainda, percebe-se que as demais classes naturais foram reduzidas, tais como os corpos hídricos (-2,19%), áreas úmidas (-3,03%) e campos (-4,2%). Salienta-se que a redução dos corpos hídricos possa ter relação com as alterações do microclima local, como a chuva, visto que esta pode influenciar na variação do nível da água. Segundo os dados disponibilizados pelo Boletim Trimestral do Conselho Permanente de Agrometeorologia Aplicada do Estado do Rio Grande do Sul (COPAAERGS), é verificado que em 2021 houve menos chuva em comparação ao ano de 2013. Nesse caso, entende-se que a redução dos corpos hídricos possa ter sido devido à redução da precipitação entre as imagens datadas. Entretanto, as áreas úmidas e os campos são classes que frequentemente são suprimidas pelas atividades do homem, refletindo na redução de sua área ocupada (BONILHA, 2019).

Nesse sentido, buscando obter uma análise mais aprofundada das mudanças de uso e cobertura do solo do município, foi elaborada uma Tabela Cruzada, nela são identificadas quais classes foram suprimidas e quais foram supressoras (Quadro 1). Dessa maneira, é possível extrair da tabela algumas considerações importantes para a compreensão da relação entre as alterações nos usos do solo e seus impactos na qualidade dos habitats. Para ler o Quadro 1 é preciso, antes de tudo, considerar que os valores indicados na horizontal correspondem às áreas das classes de 2013 e, na vertical, as áreas ocupadas pelas classes de 2021. Sendo assim, o valor exposto na Tabela Cruzada, correspondem ao quanto de área de determinada classe do ano de 2013 foi convertida para outra classe em 2021.

Quadro 1 – Tabela Cruzada, em km², das mudanças de uso e cobertura do solo

		2021							
2013	Classes	Corpos Hídricos	Área Construída	Solo Exposto	Dunas	Silvicultura	Área Úmida	Agricultura	Campo
	Corpos Hídricos	66,5	0,01	1,6	0,9	0,3	62,4	1,5	4,6
	Área Construída	0,01	39,7	0	0,04	0,02	1,8	1,9	0,4
	Solo Exposto	0,1	0,02	143,7	0,02	5,7	9,1	89,3	2,8
	Dunas	0,1	0,09	0,2	92,0	1,1	20,6	0,4	2,8
	Silvicultura	11,6	0	21,4	0,3	53,3	6,9	0,2	0,9
	Área Úmida	0,01	7,4	28,8	9,7	11,3	1045,04	45,6	192,8
	Agricultura	1,5	1,6	113,4	0,5	4,6	24,2	122,5	9,8
	Campo	2,5	1,1	20,5	0,2	20,5	236,8	26,3	112,4

Dentre os resultados obtidos pela Tabela Cruzada, destacam-se, principalmente, supressões sobre as áreas úmidas e campos, que foram os habitats que apresentaram maiores reduções em sua área de ocupação. As áreas úmidas classificadas incluíram os banhados, as marismas e mata ciliar que são ecossistemas sensíveis e importantes, mas que, geralmente, não são preservadas ou conservadas. De forma geral, esses ecossistemas são altamente impactados pela ação antropogênica, devido ao crescimento urbano desordenado, despejo de esgoto, agricultura e pecuária (HALLAL, 2017). Os banhados são frequentemente utilizados para



aterramento, introdução de atividades portuárias e industriais, além de ser uma área utilizada para a pecuária e agricultura, o que altera seus serviços ecossistêmicos (BURGER, 2000; COSTA, 2003). Além disso, o crescimento urbano desordenado também impacta as marismas, pois contribui para a sua diminuição, tornando as margens expostas aos processos erosivos. Através da Tabela Cruzada, percebe-se que os resultados apresentados por ela vão ao encontro das afirmações encontradas na literatura, uma vez que é possível notar que as áreas úmidas foram convertidas, principalmente, por agricultura (45,6 km²), solo exposto (28,8 km²), silvicultura (11,3 km²) e área construída (7,4 km²). Desse modo, compreende-se que ao longo dos oito anos analisados, houve um aumento na supressão das áreas úmidas.

Além das áreas úmidas, é possível notar que os campos também foram suprimidos ao decorrer dos anos. Os campos são ecossistemas comuns no bioma Pampa e possuem alta biodiversidade (PILLAR, 2009). Em 2009, por meio da PEC nº 05, o bioma Pampa foi incluído aos biomas legalmente protegidos. Apesar disso, percebe-se, através do Quadro 1, que parte da área campestre foi substituída por agricultura (28,8 km²), silvicultura (20,5 km²) e solo exposto (20,5 km²). Portanto, percebe-se o crescimento da atividade de retirada da vegetação nativa e do aterramento tendo em vista as análises feitas referente à supressão sobre as áreas úmidas e campos.

Ainda, nota-se que 192,8 km² de área úmida foram convertidas para campos e 236,8 km² dos campos também foram convertidos para áreas úmidas. Isso se dá devido a característica dinâmica dos campos presentes no município do Rio Grande, podendo encontrar, no município, os campos alagáveis (JUNK *et al.*, 2014), os quais foram abrangidos pelas áreas úmidas. Esses campos alagáveis são o resultado da transição entre campo seco e banhado, se modificam com facilidade, alterando a sua umidade em função da temperatura e da precipitação (ROSONI, 2017). Desse modo, é compreensível a interação apresentada entre os campos e as áreas úmidas, uma vez que os campos são dinâmicos e podem se alterar com facilidade.

Os corpos hídricos foram uma das classes que reduziram sua área de ocupação em 2021, em comparação ao ano de 2013. Pela Tabela Cruzada, é identificado que 62,4 km² de sua área foram substituídas pelas áreas úmidas. A imagem utilizada para mapear o uso e cobertura do solo de 2013 corresponde à data 30/agosto onde houve maior precipitação em comparação a imagem utilizada para classificar o uso e cobertura do solo de 2021 que possui registro na data 03/julho. Segundo o Boletim Trimestral do Conselho Permanente de Agrometeorologia Aplicada do Estado do Rio Grande do Sul (COPAAERGS) nº 38, a precipitação em agosto de 2013 oscilou entre 100 - 125 mm, sendo relevante ressaltar que em períodos chuvosos é natural a ocorrência de inundações em algumas regiões do município Rio Grande. Já a imagem utilizada para mapear o uso e cobertura do solo de 2021 é do mês de julho, onde houve menos chuva. Para o mês de julho de 2021, o Boletim Trimestral do COPAAERGS nº 58 registrou uma precipitação, em média, de 50 mm para o município do Rio Grande. Portanto, conclui-se que a redução dos corpos hídricos se dá devido à variação da precipitação ao longo do período escolhido para mapear o uso e cobertura do solo.

Ainda, por meio da Tabela Cruzada, fica evidente a relação existente entre solo exposto e agricultura. Nota-se que 113,4 km² da área de agricultura foram convertidas para solo exposto



e 89,3 km² de solo exposto foram convertidos para agricultura. Da mesma forma, a silvicultura com o solo exposto, onde 21,4 km² de silvicultura foram transformados para solo exposto em 2021. Sendo justificado pelos períodos de plantio e colheita, visto que o solo exposto é um processo efêmero, ou seja, posteriormente, pode vir a se tornar uma área de cultivo, como agricultura ou silvicultura.

Qualidade e Degradação dos habitats

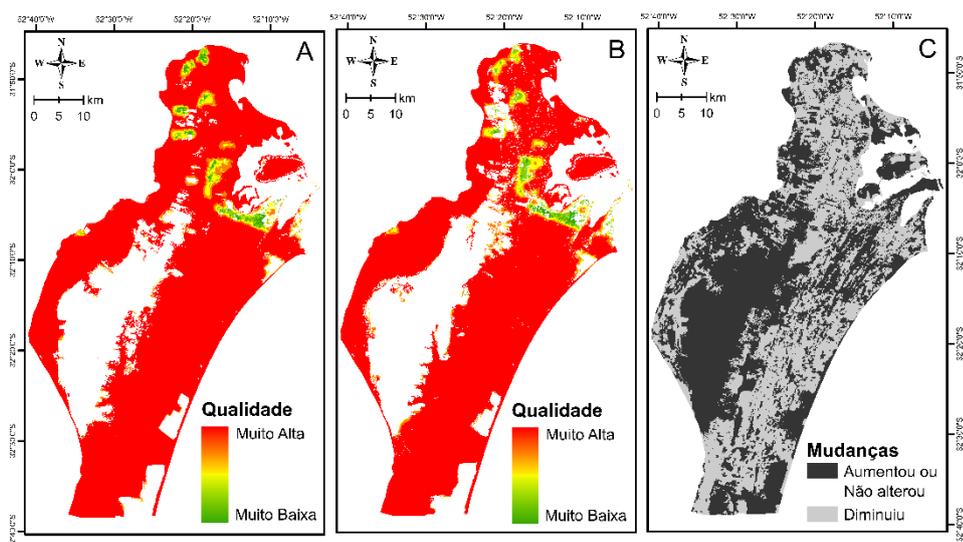
Os mapas, resultantes da aplicação do modelo Qualidade do Habitat, foram paletizados em cores quentes e frias que representam, respectivamente, altos e baixos valores. Por meio desses mapas, identificaram-se as áreas que alteraram a sua qualidade e degradação. Nesse sentido, possibilitando mensurar o quanto diminuiu a qualidade e o quanto aumentou a degradação de cada habitat.

A qualidade dos habitats teve alterações que podem ser percebidas, de forma visual, na Figura 5. Através da Figura 5A e 5B, nota-se, nas bordas das classes de uso e cobertura do solo que foram consideradas como estressores nesse estudo, que a qualidade é menor. Percebe-se que, em 2013 e em 2021, as regiões do município que possuem qualidade mais afetada são, principalmente, ao Norte e Nordeste do município, onde se concentram as regiões urbanizadas, industriais e voltadas à mineração, as quais também são estressores.

Além disso, a Figura 5C destaca, especificamente, as regiões onde a qualidade do habitat foi afetada pelas mudanças ocorridas no município, sendo representadas pela cor cinza claro. As demais regiões, representadas em cinza escuro, são regiões de habitats em que não houve redução em sua qualidade ou regiões em que a qualidade aumentou, também na cor cinza escuro estão englobadas as áreas que não foram consideradas habitats, como a agricultura, silvicultura e área construída.



Figura 5 – Qualidade dos habitats (A) em 2013, (B) em 2021 (C) e as alterações da qualidade



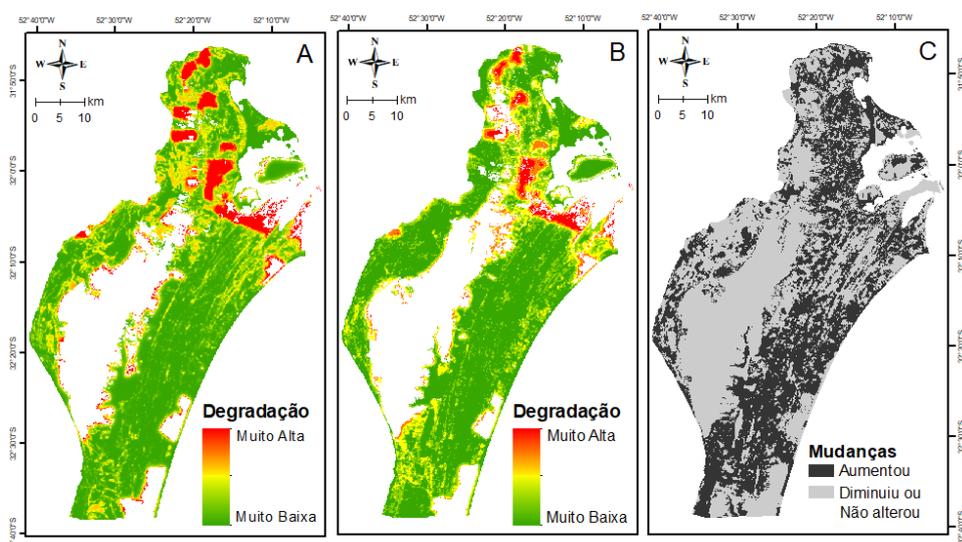
As mudanças referentes à diminuição da qualidade dos habitats foram calculadas e expressas em porcentagem (Tabela 1), demonstrando o quanto que cada habitat teve perda na sua qualidade em comparação ao ano de 2013. Por meio desses dados, é evidenciado o quanto as mudanças no uso e cobertura do solo afetam os habitats, visto que, todos os habitats tiveram, pelo menos, 40% de sua área apresentando perda na qualidade. Destacam-se, como habitats mais afetados, os campos (76%) e as áreas úmidas (50%).

Tabela 1 – Percentual da perda de qualidade dos habitats

Habitats	Percentual
Corpos Hídricos	42
Dunas	46
Área Úmida	50
Campo	76

Da mesma forma, os mapas de degradação (Figura 6A e Figura 6B) foram elaborados nas mesmas paletas, sendo notório, portanto, que as regiões próximas às áreas que não foram consideradas habitats têm uma alta degradação. Cabe destacar que nas regiões onde há uma mescla de campos e áreas úmidas, a degradação varia entre muito baixa e média. Tal destaque é reforçado através da figura 6C, em que é possível observar, em cinza escuro, que nessas regiões, houve um aumento na degradação. Diferente do mapa das mudanças da qualidade do habitat, o mapa 6C destaca apenas as áreas que houve aumento na degradação, em cinza escuro, e a cor cinza clara abrangeu áreas que não são habitats e as áreas consideradas habitats que houve redução ou que não houve alteração na degradação.

Figura 6 – Degradação dos habitats (A) em 2013, (B) em 2021 (C) e as alterações da degradação



O impacto da degradação dos habitats (Tabela 2) é similar ao resultado obtido pela diminuição da qualidade. Os campos foram os habitats mais degradados (80%), já as áreas úmidas e as dunas, obtiveram resultados próximos, sendo, respectivamente, 57% e 56% de área degradada.

Tabela 2 – Percentual do aumento da degradação dos habitats

Habitats	Percentual
Corpos Hídricos	52
Dunas	56
Área Úmida	57
Campo	80

Mediante aos resultados obtidos pelas análises realizadas nos mapas de qualidade e degradação, foi identificado que as áreas úmidas e os campos foram os habitats mais afetados no período de 2013 a 2021. Tal resultado esboça uma associação entre as mudanças no uso e cobertura do solo, já que, através da Figura 4, foi representado o percentual de aumento e de redução nas áreas do uso e cobertura do solo e, por meio desse gráfico, foi visto que os campos e as áreas úmidas foram as classes que sofreram maior redução em sua área.

Ademais, as áreas úmidas são um dos habitats que mais são suprimidos. No Brasil, os principais fatores que impactam e degradam as áreas úmidas têm origem na pressão populacional e na alta demanda no setor alimentício (JUNK *et al.*, 2013). Desse modo, as principais atividades que causam supressão às áreas úmidas são agricultura, silvicultura a construções, que também foram destacadas no Quadro 1. Além disso, outra perturbação que pode comprometer a qualidade desse habitat são as atividades de mineração, essas contribuem para a retirada de matéria-prima do solo, causando mudanças na umidade do solo e afetando o lençol freático (ZEZZO, 2019). Entende-se, portanto, que o crescimento urbano e econômico no município pode ter contribuído para as alterações na qualidade e na degradação desse habitat.

Por último, os campos foram outro habitat que tiveram sua degradação e qualidade bastante impactadas. Esse habitat representa as vegetações nativas e comuns ao município do



Rio Grande. O principal estressor desse habitat é a retirada de sua vegetação, como exemplo, a introdução de espécies exóticas, como o *Pinus* e o *Eucalyptus*, que suprimem os campos, através da atividade de silvicultura, a qual vem crescendo, ao longo dos anos em todo o estado do Rio Grande do Sul (CHOMENKO, 2006). Além disso, Pillar e Lange (2015) afirmam que nas últimas décadas, está havendo uma expansão da agricultura, com os cultivos de soja, impactando o meio ambiente e comprometendo, dessa forma, a qualidade do habitat.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dessa pesquisa, observa-se a ligação entre as mudanças de uso e cobertura do solo com as alterações na qualidade e degradação dos habitats no município do Rio Grande. Ao longo do período escolhido, é notório que o município passou por modificações no uso e cobertura do solo, tais como o aumento das áreas construídas, da agricultura e da silvicultura, além da redução de áreas naturais, corpos hídricos, dunas, área úmida e campo. Sob essa ótica, ao estimar a qualidade e a degradação do habitat, obteve-se como resultado uma perda na qualidade e um crescimento na degradação ao longo de 2013 a 2021. Portanto, entende-se que as mudanças no uso e cobertura do solo estão associadas às mudanças na qualidade e na degradação dos habitats.

Através das análises realizadas sob os mapas de uso e cobertura do solo, foi identificado que os habitats naturais que mais sofreram supressão pela ação antrópica foram as áreas úmidas e, posteriormente, os campos. Além disso, entende-se que determinadas mudanças no uso e cobertura do solo não foram causadas pela ação antrópica, mas sim, por razões naturais.

Também, as ferramentas utilizadas na pesquisa refletem a importância do Geoprocessamento no planejamento ambiental do município. Visto que facilitam a tomada de decisão ao representar um fenômeno terrestre por meio de mapas produzidos em *softwares*, como o GEE e o InVEST.

Por fim, cabe mencionar que o modelo Qualidade do Habitat do InVEST, utilizado para compor os produtos apresentados, é uma ferramenta nova que, até então, não havia sido aplicada para a área de estudo deste trabalho. Dessa forma, ao demonstrar a aplicação deste modelo, o presente estudo pode auxiliar trabalhos futuros semelhantes a este, tendo em vista que o modelo pode ser aplicado para diferentes áreas, considerando ameaças distintas das apresentadas nessa pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Para a elaboração dos produtos cartográficos deste trabalho, foi utilizado o *software* ArcGIS, através da licença disponibilizada no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – campus Rio Grande para o curso de Geoprocessamento.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. Z; VITAL, S. R. O. Análise do uso e ocupação do solo como suporte ao mapeamento dos riscos geomorfológicos do município de Caicó (RN). **Revista de Geografia**, v. 37, p. 68-84, 2020.
- BEHLING, G. M. **Refletindo o processo de criação da APA da Lagoa Verde pelo olhar da educação ambiental**. Dissertação (Mestrado em Educação Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Rio Grande, p. 33-35, 2007.



- BETTINE, S. C. et al. Áreas ecologicamente estáveis como instrumento de planejamento ambiental. **Interciência**, v. 37, p. 769, 2012.
- BONILHA, G. O. **Zoneamento geoambiental mediante aplicação da Geoecologia de Paisagens: ordenamento territorial do município do Rio Grande/RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Rio Grande, p.43-69. 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF, 2002. p. 404.
- BURGER, M. I. Situação e Ações Prioritárias para a Conservação de Banhados e Áreas Úmidas da Zona Costeira. Disponível em: <https://docplayer.com.br/327822-Situacao-e-acoes-prioritarias-para-a-conservacao-de-banhados-e-areas-umidas-da-zona-costeira.html> . Acesso em: 25 jun. 2022.
- CALLIARI, L.J; KLEIN, A.H.O. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 48-56, 1993.
- CALLIARI, L.; TOLDO JR., E.E.; NICOLODI, J.L. Classificação Geomorfológica. In:CALLIARI, L.; TOLDO JR., E.E.; NICOLODI, J.L.; SPERANSKI, N.; ALMEIDA, L.E.S.B.; LIMA, S.F.; ESTEVES, L.S.; MARTINS, L.R. (Orgs.). Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro – Rio Grande do Sul. Brasília: MMA, 2006, p. 438-445.
- CHOMENKO, L. O desenvolvimento na metade Sul do Rio Grande do Sul. **Ecoagência**, Porto Alegre: [s.n.], 2006.
- CONAMA. Resolução nº 369, de 28 de março de 2006. “Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP” - Publicação DOU nº 061, de 29/03/2006, p. 150-151: CONAMA. Brasília, 2006.
- COSTA, R. C. **Estudo de caso em gestão ambiental: a área verde do Arroio Bolaxa – Rio Grande – RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanologia). Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Rio Grande, p. 101. 2003.
- COSTA, M. S.; SATO, S.E. Estação ecológica do Taim: uma análise sobre uso do espaço físico-natural e a legislação ambiental. **GeoUECE**, v. 10, p. 130-131, 2021.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1a edição ed. Campinas, SP: IG-UNICAMP, 1992.
- DE GROOT, R.S.; WILSON, M.A.; BOUMANS, R.M.J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. **EcologicalEconomics**, v. 41, p. 393-408, 2002.
- DOTTO, A. C. *et al.* Mapeamento digital de atributos: granulometria e matéria orgânica do solo utilizando espectroscopia de reflectância difusa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1663-1671, 2014.
- FOLEY, J. A *et al.* Global Consequences of Land Use. **SCIENCE**, v. 309, p. 571, 2005.
- FRANCO, M. A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo, SP: Annablume editora, 2000.
- GANEM, K. A. **Classificação da Cobertura do Solo na Caatinga a partir de Imagens do Landsat-8 e da Ferramenta Google Earth Engine: uma comparação entre dados com e sem correção atmosférica**. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicada). Universidade de Brasília (UnB). Brasília, p. 8. 2017.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**.Rio de Janeiro, RJ: BERTRAND, 2005.
- HALL, L. S.; KRAUSMAN, P. R.; MORRISON, M. L. The habitat concept and a plea for standard terminology. **WildlifeSocietyBulletin**, v. 25, p. 173-182, 1997.
- HALLAL, G. P. **Avaliação espaço-temporal das relações entre o crescimento urbano e a dinâmica ecossistêmica em zonas costeiras**. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro) Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Rio Grande, p. 59-74. 2017.
- JUNK, W.J. *et al.* Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification, for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**. **Acquatic Conservation**, v.24, p. 5-22, 2014.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, v. 33, p. 165, 1977.
- LEITZKE, C. M. **Subsídios para o Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro nos municípios costeiros do estado do Rio Grande do Sul no contexto da educação ambiental**. Dissertação (Mestrado em Educação Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Rio Grande, p. 16. 2007.
- LOURENÇO *et al.* Portos internacionais: uma análise preliminar. **Brazilian Technology Symposium**, v. 1, p. 1, 2019.
- MCKINNEY, M. L. Urbanization, biodiversity, and conservation. **BioScience**, v. 52, p. 883-890, 2002.
- MA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment**. Washington: Island Press, p. 266, 2003.
- _____. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Washington: Island Press, 2005. 155 p.
- OTGONBAYAR, M. et al. Mapping pasture biomass in Mongolia using Partial Least Squares, Random Forest regression and Landsat 8 imagery. **International Journal of Remote Sensing, Abingdon**, v. 40, n. 8, p. 3204-3226, 2019.



- PEREIRA *et al.* Uso e cobertura do solo e comparação entre os índices de vegetação SAVI e NDWI na Área de Proteção Ambiental das Onças, Paraíba, Brasil. **Revista de Geografia**, v. 37, p. 278-296, 2020.
- PILLAR, V. P. *et al.* **Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade**. Publicação do Ministério do Meio Ambiente do Brasil, 2009.
- PILLAR, V. P.; LANGE, O. **Campos do Sul**. Publicação do Ministério do Meio Ambiente do Brasil, 2015.
- PINHEIRO, L. C. **LORC: Classificação supervisionada baseada em grafos esparsos, robusta para dados com ruído no rótulo**. Dissertação (Doutorado em Estatística) Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, p. 140. 2015.
- PIRES, V. R. DE O. *et al.* Land use and occupation mapping as support to environmental planning. **Ambiência**, v. 12, 2016.
- RIBEIRO, J. N DO A. *et al.* Métrica com Base Ecosistêmica para a Caracterização e Gestão de Lagoas Costeiras. **Revista Costas**. v. 2, p 114-125.2020.
- RIFFEL, E. S. *et al.* Mapeamento de suscetibilidade a deslizamentos a partir de mineração de dados e do modelo SHALSTAB. **Revista de Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 9, p.1805-1818, 2016.
- ROSONI, J. R. R. **Biologia reprodutiva e seleção dos Sítios de Nidificação do Coleiro-do-brejo (SporophilaCollaris) nos Campos do Sul do Brasil**. Dissertação (Pós-Graduação em Biodiversidade Animal). Universidade Federal De Santa Maria. Santa Maria, p. 66-67. 2019.
- ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2006
- SANTOS, R. F. DOS. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2004.
- SANTOS, K. A. *et al.* Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: O caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, 2017.
- SFREDO, G. A.; TAGLIANI, C. R. A. Análise das modificações ambientais decorrentes da ocupação urbana em Rio Grande, RS, entre 1947 e 2014, por meio de um Sistema de Informações Geográficas. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 38, p. 214, 2016.
- TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, 2008.
- VEZZANI, F. M. Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 674, 2015.
- WATSON, K. B. *et al.* Effects of human demand on conservation planning for biodiversity and ecosystem services. **Conservation Biology**. v. 33, p. 943, 2019.
- WITTMANN, F. *et al.* Habitat specificity, endemism and the neotropical distribution of Amazonian white-water floodplain trees. **Ecography**. v.36 p. 690–707, 2013
- YOUNG, C. E. F; MEDEIROS, R. **Quanto vale o verde: a importância econômica das unidades de conservação brasileiras**. Rio de Janeiro, RJ: Conservação Internacional, 2018.
- ZEZZO, L. V. **Avaliação de impactos ambientais e propostas de gestão de áreas úmidas (MG)**. Dissertação (Pós-Graduação em Geociências e Meio ambiente). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, p. 22. 2019.

COMO CITAR ESTE TRABALHO

NASCIMENTO, Débora Vitória Kucharski; RIBEIRO, Júlia Nyland do Amaral. *Revista Tamoios*, São Gonçalo, v. 21, n. 1, p. 336-355, 2025. Disponível em:
<https://doi.org/10.12957/tamoios.2025.75324>. Acesso em: DMMMM.AAAA.