



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO BIOMA CAATINGA

Georg Herison Maia Nunes

Relatório Final de Iniciação científica do
programa PIBIC, orientado por Kátia
Alves Arraes.

URL do documento original:
<<http://urlib.net/xx/yy>>

INPE
São José dos Campos
2024



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO BIOMA CAATINGA

Georg Herison Maia Nunes

Relatório Final de Iniciação científica do
programa PIBIC, orientado por Kátia
Alves Arraes.

URL do documento original:
<<http://urlib.net/xx/yy>>

INPE
São José dos Campos
2024

RESUMO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, localizado na região Nordeste. Por seus recursos possuírem relevância econômica, enfrenta diversos desafios diante da inconsequente ação humana, que agrava a desertificação do solo, extinção de espécies nativas e a escassez de recursos naturais. Nesse viés, urge a necessidade de monitoramento e estudo diante das mudanças causadas pelo impacto da interferência humana. Para isso, são utilizadas as imagens obtidas por satélites a partir de tecnologias como o Sensoriamento Remoto aliado a classificação LULC (Land Use, Land Cover). Nesta técnica, a partir do website Google Earth Engine (GEE) são manuseadas imagens de satélites, como as do Sentinel-2 para categorizar, analisar e gerar mapas temáticos através da classificação LULC, que segue a abordagem baseada em pixels e utiliza algoritmos supervisionados de machine learning, como o Random Forest. A partir dos resultados obtidos, os dados são analisados e manipulados para a implementação e desenvolvimento de novas políticas públicas, abrangendo desde a área ambiental até a econômica.

Palavras-chave: Caatinga. Sensoriamento Remoto. Random Forest. Sentinel-2.

Classificação LULC.

ABSTRACT

The Caatinga is a bioma exclusively Brazilian, located in the Northeast region. Due to its resources having economic relevance, it faces various challenges due to the reckless human action, which exacerbates soil desertification, extinction of native species, and scarcity of natural resources. In this context, there is an urgent need for monitoring and studying the changes caused by the impact of human interference. For this purpose, images obtained from satellites using technologies like Remote Sensing combined with LULC (Land Use, Land Cover) classification are used. This technique, utilizing the Google Earth Engine (GEE) website, involves handling satellite images, such as those from Sentinel-2, to categorize, analyze, and generate thematic maps through LULC classification, which follows a pixel-based approach and employs supervised machine learning algorithms like Random Forest. From the results obtained, the data is analyzed and manipulated to implement and develop new public policies, ranging from environmental to economic aspects.

Keywords: Caatinga. Remote Sensing. Random Forest. Sentinel-2. LULC Classification.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 - Visualização do Google Earth Engine.....	2
Figura 2 - Mapa da Caatinga.....	3
Figura 3 - Exemplos de mapas com as bandas espectrais. (a) Riachuelo com NDVI; (b) Riachuelo com CIR; (c) Riachuelo com BSI.	4
Figura 4 - classes temáticas definidas para a classificação.	5
Figura 5 - Mapa temático e exemplo de pontos. (a) Imagem de Riachuelo preenchida com pontos de treinamento e validação; (b) resultado da classificação LULC em Riachuelo.	6
Figura 6 - Exemplo de acurácia e matriz de erro.	6
Figura 7 - página de exibição com todos os resultados.	7

SUMÁRIO

Pág.

1	INTRODUÇÃO	1
2	DESENVOLVIMENTO.....	2
2.1	ÁREA DE ESTUDO	2
2.2	METODOLOGIA	3
2.2.1	SELECIONAR IMAGEM SATISFATÓRIA.....	3
2.2.2	AJUSTAR ÍNDICES ESPECTRAIS E COMPOSIÇÕES DE FALSA COR.....	4
2.2.3	CLASSIFICAÇÃO LULC	4
2.2.4	ANÁLISE E VALIDAÇÃO ESPECIALIZADA.....	7
3	RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES	7
4	CONCLUSÃO	8

1 INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro situado na região Nordeste, ocupando cerca de 11% do território nacional (BARBOSA; GOMES FILHO, submetido em 2022). É marcado por um clima semiárido, possuindo elevado período de estiagem entre os meses de junho e dezembro. Apesar das restrições climáticas, existe um considerável número de espécies endêmicas e uma alta biodiversidade nas regiões em que está situada. A Caatinga tem sido importante para a economia nordestina em diversos âmbitos, desde a extração de seus recursos naturais ao turismo, assim surgindo a necessidade da adoção de práticas de desenvolvimento sustentável na região. Apesar disso, ainda existem extração ilegal de recursos naturais, práticas agrícolas insustentáveis, queimadas, aumento de parques eólicos e a aceleração do processo de desertificação causadas por interferência humana. Assim, entende-se que a Caatinga é de extrema importância para o Nordeste e é necessário um acompanhamento e monitoramento contínuo do bioma para quantificar e registrar as mudanças naturais e o impacto da interferência humana na região em que se situa.

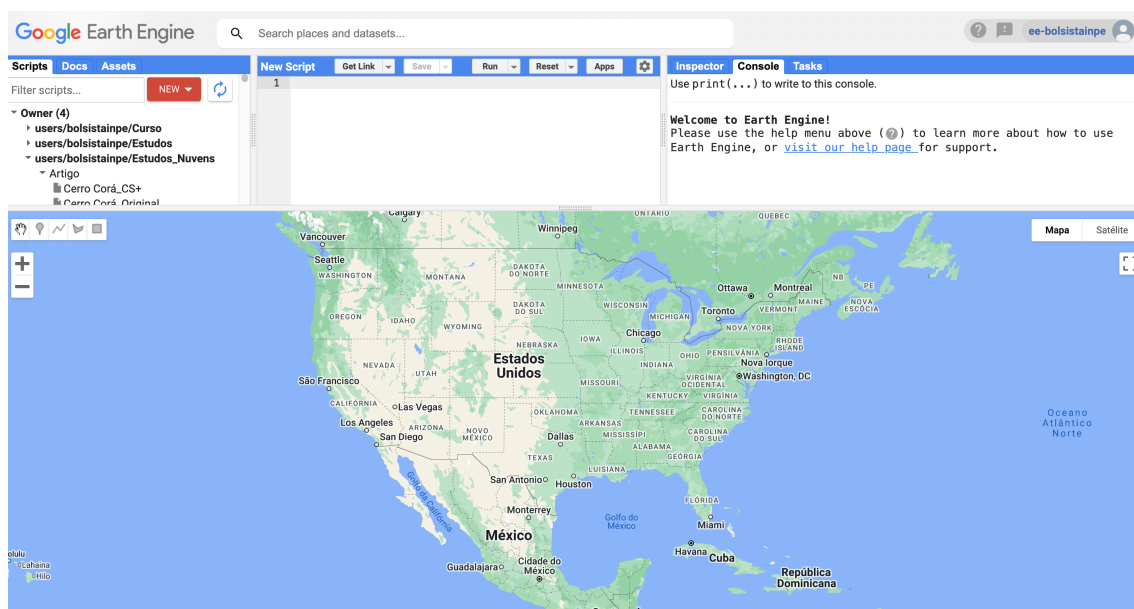
Uma das diversas técnicas existentes de monitoramento para o monitoramento do uso e ocupação do solo e adotada no projeto é a classificação LULC (Land Use, Land Cover), que se baseia em categorizar áreas definidas em diferentes classes temáticas. Dessa forma, é gerado mapas temáticos baseados na região de interesse, em que é possível uma distinção entre os objetos categorizados e uma análise rápida e precisa, facilitando a comparação e a percepção de mudanças na zona de interesse.

Nesse contexto, para que seja possível aplicar a classificação LULC é necessário o manejo de diversas tecnologias, softwares, algoritmos e etapas de análise. É utilizado o Sensoriamento Remoto (SR), imagens coletadas por missões espaciais como a do satélite Sentinel-2, Google Earth Engine (GEE), Google Earth Pro (GEP), algoritmo de machine learning Random Forest e os conhecimentos técnicos do analista.

2 DESENVOLVIMENTO

Optou-se pela plataforma baseada em nuvem Google Earth Engine (GEE) para a realização da classificação LULC, devido à sua flexibilidade e acessibilidade. Por ser uma plataforma em nuvem, o GEE possibilita a execução da classificação a partir de qualquer dispositivo com acesso à internet. Utilizando suas ferramentas principais, como as imagens capturadas pelo Sentinel-2, e aplicando a metodologia definida, a plataforma viabiliza a classificação com eficácia.

Figura 1 - Visualização do Google Earth Engine

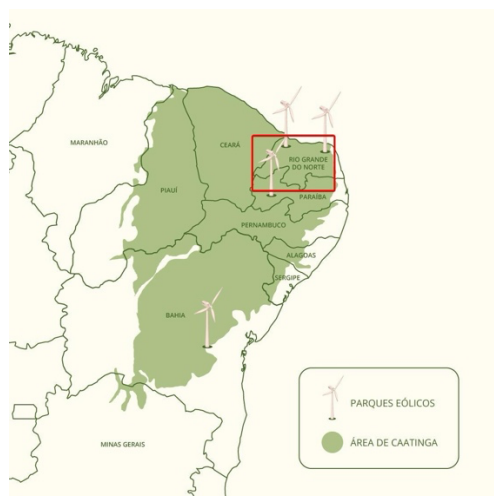


Fonte: Autoria própria.

2.1 Área de estudo

Inicialmente, a classificação compreende os Estados do Rio Grande do Norte (RN) em que há a presença do bioma Caatinga. A imagem xx abaixo se refere ao território ocupado pela Caatinga com destaque ao Estado do Rio Grande do Norte.

Figura 2 - Mapa da Caatinga



Fonte: Neoenergia (2019); alterada pelo autor.

2.2 Metodologia

Para que a classificação ocorra, é necessário que aconteça uma rigorosa série de etapas após a seleção da área de interesse. A seleção de quais municípios serão classificados com prioridade é baseado em suas fronteiras e a presença de alguma característica de interesse, como o desenvolvimento econômico na região. Um exemplo, é o município de Lajes que recebeu atenção devido a interferência de parques eólicos em seu território e rápidas mudanças do uso do solo em um curto período.

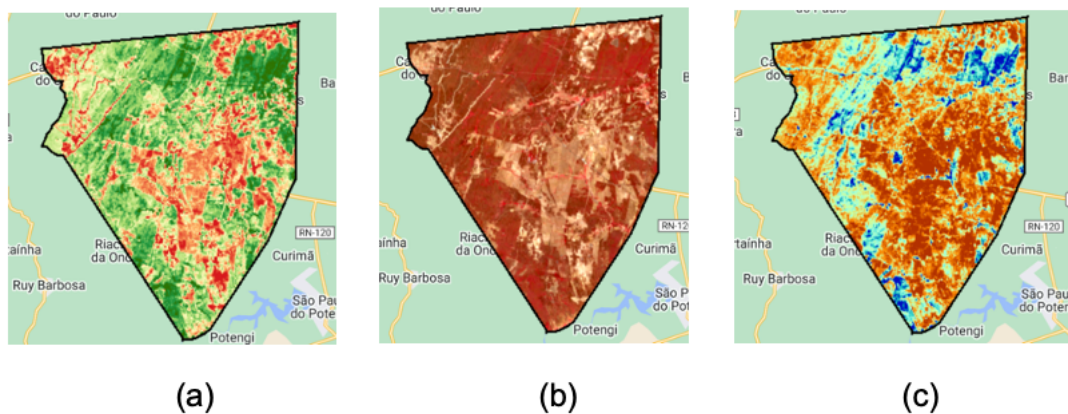
2.2.1 Selecionar imagem satisfatória

Assim, é inicialmente selecionado no GEE uma imagem satisfatória do município determinado. Para que uma imagem esteja apta a ser categorizada como satisfatória, é necessário que não exista nenhuma nuvem ou oclusão visual obstruindo o campo de visão, para isso é estrategicamente adotada a métrica de trabalhar com imagens em um período entre junho e outubro, situados durante a estiagem da Caatinga. Existem casos em que não existem imagens disponíveis sem oclusões visuais, então é utilizado de funções de mascaramento de nuvens desenvolvidas pela equipe do GEE que funcionam criando uma imagem em cima de uma simulação baseado na mesclagem da coleção de imagens disponíveis de determinado município.

2.2.2 Ajustar índices espectrais e composições de falsa cor.

Para auxiliar na classificação são amplamente utilizados os índices espectrais e as composições de falsa cor. São principalmente manipulados para auxiliar na diferenciação entre os objetos da imagem, uma vez que cada tipo de objeto se comporta de uma forma diferente, devido as suas propriedades únicas de absorção e reflexão de energia eletromagnética. Dessa forma, são adicionados valores nas variáveis do código referentes aos índices espectrais (SAVI, NDVI e BSI) e as composições de falsa cor (CIR e NTS).

Figura 3 - Exemplos de mapas com as bandas espectrais. (a) Riachuelo com NDVI; (b) Riachuelo com CIR; (c) Riachuelo com BSI.

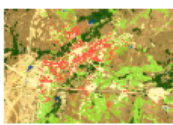
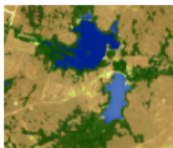


Fonte: Autoria própria.

2.2.3 Classificação LULC

Para realização da classificação LULC, são determinadas seis classes temáticas referentes ao uso e ocupação do solo: corpos d'água, área urbana, vegetação densa, vegetação aberta, solo exposto e uso agrícola.

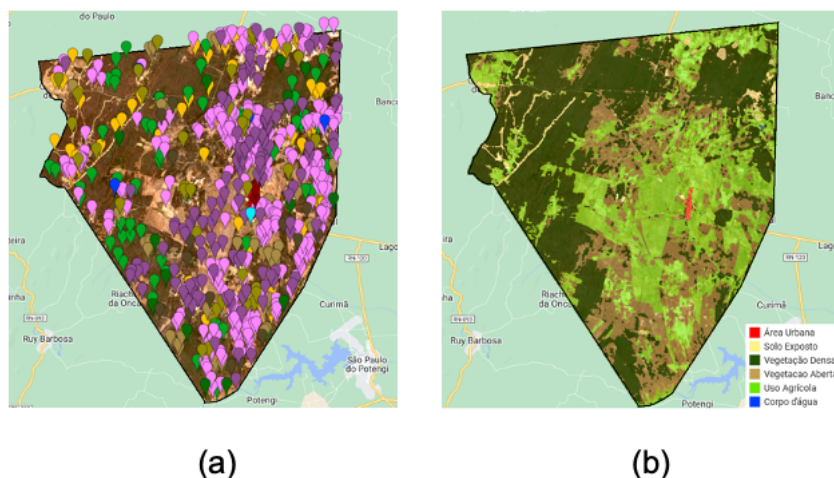
Figura 4 - classes temáticas definidas para a classificação.

Classe Temática	Imagem Sentinel-2	Classificação	Descrição
Área urbana			Área central com aglomeração de edificações. Área urbanizada principal do município.
Solo exposto			Áreas de solo descoberto que não se caracterizam como de uso agrícola. Afloramento rochoso, assentamentos, e cursos d'água temporários.
Vegetação densa			Vegetação densa, que apresenta árvores e/ou arbustos com alta densidade nas copas, impedindo a visualização do solo.
Vegetação aberta			Vegetação aberta, que apresenta árvores e/ou arbustos espaçados, sendo possível visualizar o solo e/ou vegetação do estrato herbáceo.
Uso agrícola e pastagem			Áreas com características de uso agrícola, como plantações de cultivos permanentes e/ou temporários, áreas de pastagens e outras atividades correlatas.
Corpo d'água			Espelhos d'água como lagoas, rios e açudes.

Fonte: Autoria própria.

É seguida a abordagem de classificação baseada em pixel, que consiste na análise de pixels individuais de uma imagem, onde cada pixel é classificado de acordo com as suas características espectrais. Dessa maneira, com o manuseio das classes temáticas, é inserido sobre a imagem do município pontos de treinamento para que o algoritmo de machine learning Random Forest possa encontrar padrões baseados na cor do pixel e os dados espectrais onde o ponto está situado, assim é gerado um mapa temático baseado nos dados fornecidos ao algoritmo a partir dos pontos de treinamento.

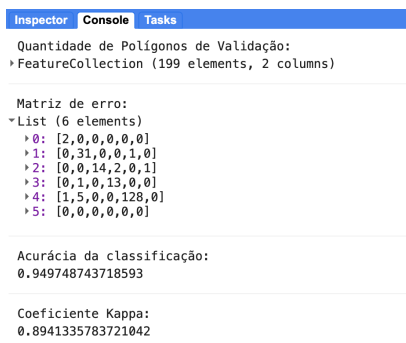
Figura 5 - Mapa temático e exemplo de pontos. (a) Imagem de Riachuelo preenchida com pontos de treinamento e validação; (b) resultado da classificação LULC em Riachuelo.



Fonte: Autoria própria.

Não obstante, para garantir que a classificação LULC gerada com base nos pontos de treinamento está precisa e condizente é utilizado os pontos de validação. Os referidos pontos são inseridos em áreas em que se tem conhecimento preciso sobre a qual classe pertencem. Assim, é gerado um valor referente a acurácia da classificação LULC mediante ao cálculo obtido com base na matriz de confusão, que de forma sucinta, compara os pontos de treinamento e os de validação inseridos. Essa acurácia pode ir de 0 a 100%, é adotado o padrão de qualidade em que se é aceito como finalizado um município quando a acurácia esteja acima de 90%. Além disso, é utilizado a proporção de 70% de pontos de treinamento para 30% de pontos de validação.

Figura 6 - Exemplo de acurácia e matriz de erro.

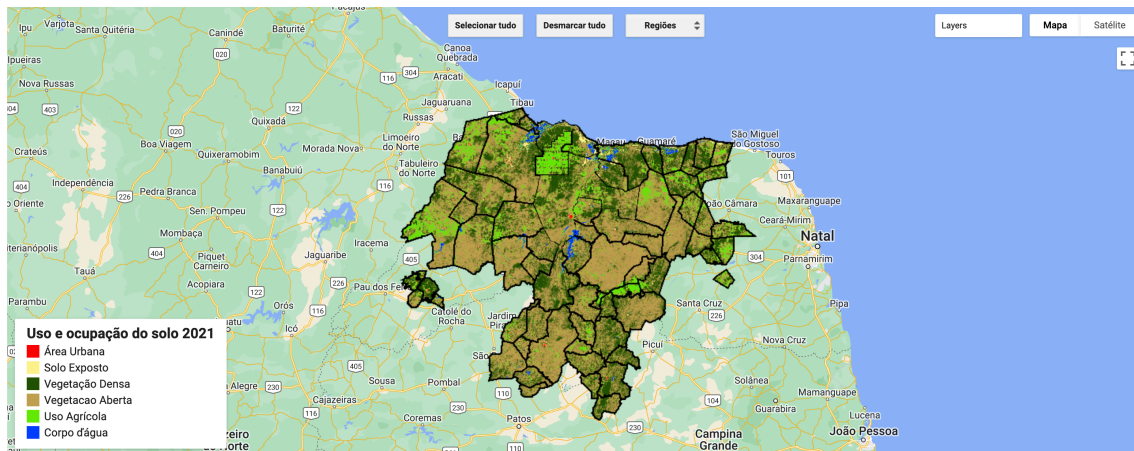


Fonte: Imagem própria.

2.2.4 Análise e validação especializada

Após a classificação LULC ser gerada com uma acurácia satisfatória, a imagem que antes era isolada por se tratar de um determinado município é inserida no arquivo Resultados, que se trata da junção de todos os municípios classificados do RN. Nesse contexto, é analisado as fronteiras entre a nova imagem inserida com os municípios que o delimitam observando-se se possuem os mesmos padrões e se completam.

Figura 7 - página de exibição com todos os resultados.



Fonte: Autoria própria.

Caso a imagem esteja satisfatória nos diversos âmbitos, a etapa final é a análise de um especialista para encontrar possíveis incongruências na classificação antes do município ser devidamente finalizado. Caso precise de correções, a classificação é ajustada a partir da inserção ou remoção de pontos. Dessa forma, o município é finalizado e uma nova área de estudo será selecionada para ser trabalhada.

3 RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES

Durante o breve período que estive no projeto como substituto, pude contribuir com a classificação de 6 municípios: Riachuelo, Lagoa de Velhos, Bento Fernandes, Caiçara do Rio do Vento, Lajes(período de 2023) e Pedra Preta. Além disso, atuei no desenvolvimento de um artigo científico baseado nas funções de mascaramento de nuvens que em breve será publicado.

4 CONCLUSÃO

Conforme os períodos avançam, é notório a importância que o projeto ganha diante das grandes mudanças e interferências humanas incidentes nos municípios do RN que possuem o bioma Caatinga. Em poucos anos, é perceptível o aumento de solo exposto, uso agrícola e a crescente implantação de grandes parques eólicos em zonas inadequadas que ferem normas ambientais.

O projeto segue avançando consideravelmente, aumentando gradativamente a quantidade de municípios classificados e analisados. Não obstante, são realizados estudos e o desenvolvimento de artigos científicos para serem publicados em breve.

Dessa forma, é visível como o trabalho realizado pode ser utilizado para instaurar e fomentar a criação de políticas públicas voltadas para a preservação da Caatinga. Além disso, garantir o desenvolvimento sustentável dos municípios que se compreendem nesse bioma único e admirável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, T.A.; GOMES FILHO, R.R. **Biodiversity and conservation of Caatinga: systematic review**. Journal of Environmental Analysis and Progress, 2022. 1

ASSI, A.; VIZZARI, M. **Object-Oriented LULC Classification in Google Earth Engine Combining SNIC, GLCM, and Machine Learning Algorithms**. Department of Agricultural, Food, and Environmental Sciences, University of Perugia - Italy, 2020. 2