

# ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE BARCELOS-AM

Diego Wenderson Pessoa Venâncio<sup>1</sup>, Solange dos Santos Costa<sup>2</sup>, Luis Antonio Castillo Lopez<sup>3</sup>, Emílio Alberto Amaral Soares<sup>4</sup>

<sup>1</sup><sup>2</sup><sup>3</sup><sup>4</sup> Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 1200, Coroado I, Manaus,  
<sup>1</sup> [diegoavenancio95@gmail.com](mailto:diegoavenancio95@gmail.com); <sup>2</sup> [solangecosta@ufam.edu.br](mailto:solangecosta@ufam.edu.br); <sup>3</sup> [luiscastillo@ufam.edu.br](mailto:luiscastillo@ufam.edu.br);  
<sup>4</sup> [easoares@ufam.edu.br](mailto:easoares@ufam.edu.br).

## RESUMO

As informações sobre o uso e cobertura do solo desempenham um papel vital em diversos aspectos sociais, econômicos, políticos e ambientais. Este trabalho teve como objetivo a realização do mapeamento do uso e cobertura do solo da sede do município de Barcelos, situado na margem direita do Rio Negro, estado do Amazonas. Foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2A MSI: *MultiSpectral Instrument*, Level-1C, que foram processadas na plataforma *Google Earth Engine* (GEE), a qual se trata de um ambiente de processamento em nuvem, com objetivo de fazer análise de dados ambientais em grande escala e com recursos computacionais amplos. Foram definidas cinco classes para serem analisadas por três algoritmos de classificação. O método CART apresentou os melhores resultados visuais e estatísticos para a classificação, tendo Acurácia Geral de 99,96%. Tais resultados foram validados por meio de aerolevantamentos, via Aeronave Remotamente Pilotada.

**Palavras-chave** — *Google Earth Engine*, Classificação Supervisionada, CART, Barcelos-AM.

## ABSTRACT

Information on land use and land cover plays a vital role in many social, economic, political and environmental aspects. This work aimed to carry out the mapping of the use and land cover of the seat of the municipality of Barcelos, located on the right bank of the Rio Negro, state of Amazonas. Images from the Sentinel-2A MSI: *MultiSpectral Instrument*, Level-1C satellite were used, which were processed on the *Google Earth Engine* (GEE) platform, which is a cloud processing environment, in order to analyze environmental data in large scale and with ample computing resources. Five classes were defined to be analyzed by three classification algorithms. The CART method presented the best visual and statistical results for classification. Such results were validated through aerial surveys, through Remotely Piloted Aircraft.

**Key words** — *Google Earth Engine*, supervised classification, CART, Barcelos-AM.

## 1. INTRODUÇÃO

O levantamento do uso e cobertura do solo indica a distribuição geográfica da tipologia de uso através de padrões

homogêneos da cobertura terrestre, de modo a obter uma representação temática da superfície terrestre sintetizada por meio de mapas [1]. A cobertura do solo corresponde a uma descrição física da superfície terrestre, ou seja, é aquilo que está sobreposto ou atualmente recobrimo o solo (vegetação, terras agrícolas, corpos da água, edificações), enquanto o uso do solo é a função a que serve, compreendendo uma série de operações antrópicas com a intenção de obter produtos e benefícios fornecidos pelo meio ambiente [2].

As alterações na cobertura e uso do solo são necessárias para o desenvolvimento econômico e social. Diante disso, surge o interesse pelo estudo destas alterações buscando-se informações cartográficas confiáveis, a fim de subsidiar políticas socioambientais eficientes em minimizar os impactos negativos do desenvolvimento socioeconômico. Os mapas de uso e cobertura do solo são instrumentos imprescindíveis para o planejamento regional ou local [3].

Dentre as novas possibilidades em geotecnologia, podemos destacar o *Google Earth Engine* (GEE): que é uma plataforma baseada em nuvem para processamento computacional de dados geoespaciais em grande escala [4]. O GEE é acessado e controlado por meio de uma Interface de Programação de Aplicação (API) acessível via navegadores web em um Ambiente de Desenvolvimento Interativo (IDE).

Portanto, o objetivo deste estudo consistiu em realizar o mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Barcelos, utilizando a plataforma do GEE. O estudo utilizou tanto as imagens de satélite Sentinel-2 armazenadas no GEE, quanto os algoritmos de classificação supervisionada disponíveis na plataforma online. Foram avaliados três algoritmos de classificação *Classification and Regression Trees* (CART), *Random Forest* (RF) e *Minimum Distance – Euclidean* (MMD), esses dados foram validados com a utilização de imagens de drone em locais específicos de cada área, a fim de obter um levantamento atualizado do uso e cobertura do solo no município de Barcelos-AM.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Uma classificação supervisionada é um processo automático que redivide estatisticamente a imagem de entrada em classes baseadas em áreas de treinamento (*training samples*) ou regiões de interesse (ROI – *Region of Interest*) fornecidas pelo usuário do sistema. A qualidade das classificações dos mapas obtidos foi avaliada por meio do Índice de Kappa, Acurácia Geral, Acurácia do Produtor e Acurácia do Usuário, obtidos por meio da Matriz Confusão.

## 2.1. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio Negro abrange mais de 23 municípios, localizados em quatro países: Brasil, Colômbia, Venezuela e Guiana. Com aproximadamente 71 milhões de hectares, cerca de 700 rios, 8 mil igarapés e 2 dos maiores arquipélagos fluviais do mundo (Mariuá e Anavilhanas), a bacia do rio Negro é a maior bacia de águas pretas do mundo onde vivem mais de 40 povos indígenas [5].

O médio Rio Negro compreende os municípios de Santa Isabel do Rio Negro e Barcelos, somando uma extensão territorial de mais de 185 mil km<sup>2</sup> e pouco mais de 50 mil habitantes. O município de Barcelos, conhecida também pelo seu nome antigo – Aldeia de Mariuá –, fundada em 1728 e primeira sede da Capitania de São José do Rio Negro, compreende uma extensão territorial de 122.476 km<sup>2</sup> e 25.718 habitantes [6] (Figura 1).



Figura 1. Mapa de localização do município de Barcelos-AM.

## 2.2. Procedimentos metodológicos

### 2.2.1. Materiais

Para a classificação do uso e ocupação do solo foram utilizadas as imagens do satélite Sentinel 2A do ano de 2021 Nível 1C, com composição colorida das bandas 4-3-2 (RGB) com resolução espacial de 10 metros, disponível na base de dados do GEE.

Para validação dos dados da classificação foram realizados levantamentos, em áreas previamente selecionadas, com drone. Esta pesquisa foi realizada em consonância com o Projeto aprovado na Chamada Pública N.001/2020 Fapeam-Fapesp, denominado "Contribuição ao conhecimento geológico, arqueológico e biológico do arquipélago de Mariuá, Médio Rio Negro - AM".

### 2.2.2. Classes de uso e cobertura do solo

As classes de uso e cobertura do solo foram definidas com base no tipo de ocupação predominante segundo indicação do plano de manejo do Parque Nacional do Jaú [7] e do Parque

Nacional de Anavilhanas [8]: Corpos Hídricos, Área Desmatada, Área Urbanizada, Vegetação Nativa e Solo Exposto (Figura 2).



Figura 2: Mapa com os pontos amostrais de cada classe.

Foram distribuídos homogeneamente pela área de estudo um total de 790 amostras de treinamento, sendo subdivididas em 5 classes: Corpos Hídricos (102 amostras), Área Desmatada (180 amostras), Área Urbana (121 amostras), Vegetação Nativa (213 amostras) e Solo Exposto (174 amostras). A classe “Área Desmatada” cobre áreas com supressão da vegetação nativa, por meio de corte raso, presença de agricultura, exploração de madeira e alguns focos de desmatamento presente dentro da área de “Vegetação Nativa”. A classe “Solo Exposto” compõe a cobertura de áreas onde as estradas que margeiam a área urbana não possuem asfalto, também aponta algumas áreas que já tiveram extração mineral e zonas na orla da cidade com erosão do solo e desmoronamentos de barrancos.

### 2.2.3. Algoritmos de classificação

Uma classificação supervisionada é um processo automático que redivide estatisticamente a imagem de entrada em classes baseadas em áreas de treinamento (*training samples*) ou ROI, fornecidas pelo usuário do sistema. Estas amostras devem ser espacialmente homogêneas e representar feições da cobertura do solo bem distinguíveis, de modo que o sistema seja capaz de identificar padrões na imagem [9].

Para realizar a classificação supervisionada foram utilizados 3 algoritmos disponíveis no GEE: *Classification and Regression Trees* (CART), *Random Forest* (RF) e *Minimum Distance – Euclidean* (MMD).

Todos os comandos e códigos utilizados podem ser acessados através deste link: “[encurtador.com.br/ADL29](http://encurtador.com.br/ADL29)”.

### 2.2.4. Avaliação da classificação

A qualidade das classificações dos mapas obtidos foi avaliada por meio do Índice de Kappa, Acurácia Geral, Acurácia do Produtor e Acurácia do Usuário, obtidos por meio da Matriz Confusão, todos gerados automaticamente pelo GEE.

Outra maneira de avaliar e validar esses dados, foi por meio da realização do trabalho de campo no município, com

a utilização de drone, sendo realizado voos sobre áreas chaves do município que confirmassem a classificação, como lixão, orla da cidade e áreas de agricultura (figura 5).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Uso e cobertura do solo na região metropolitana de Barcelos-AM

Foram produzidos 3 mapas do uso e ocupação do solo do município de Barcelos-AM para o ano de 2021 através dos algoritmos de classificação supervisionada: *Classification and Regression Trees (CART)*, *Random Forest (RF)* e *Minimum Distance – Euclidean (MMD)* (Figura 3).

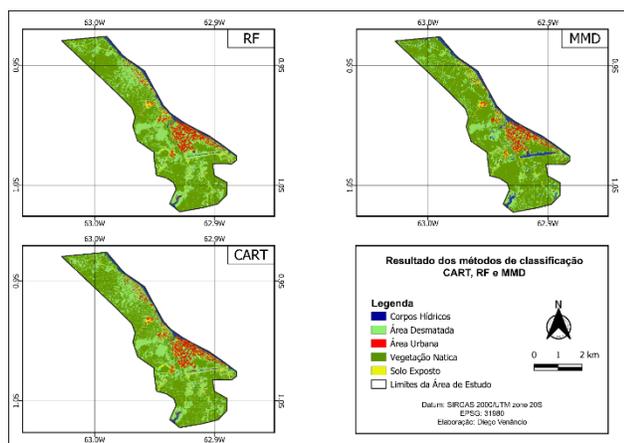


Figura 3: Classificação realizada pelos métodos CART, RF e MMD.

#### 3.2. Mapa de Uso e Ocupação do Solo

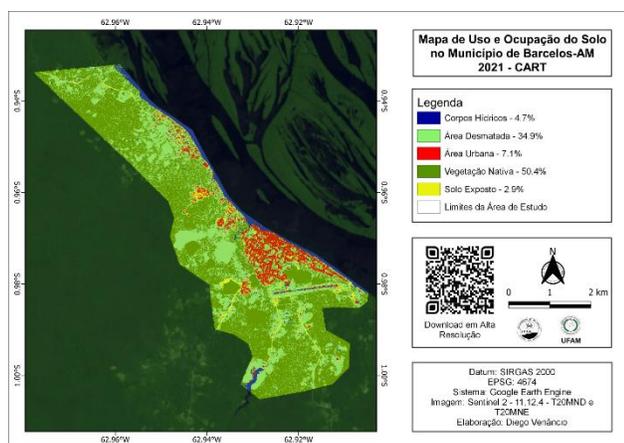


Figura 4: Mapa do uso e Ocupação do Solo do Município de Barcelos-AM para o ano de 2021 pelo método CART.

A Figura 4 apresenta o mapa de classificação de uso e ocupação do solo pelo método CART, que obteve melhor resultado de classificação tanto visual quanto estatisticamente, de acordo com os resultados da Tabela 1.

#### 3.1. Comparação com dados de campo

Na figura 5 encontra-se representado as imagens oriundas dos aerolevantamentos realizados com drone comparadas com a imagem resultante da classificação realizada pelo método CART.

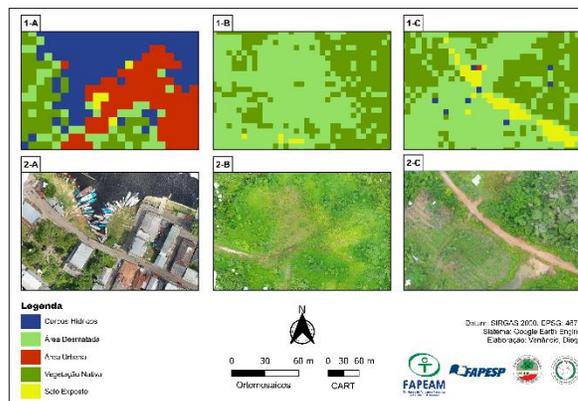


Figura 5: Comparação visual entre a classificação CART (1-A, 1-B, 1-C) e os ortomosaicos (2-A, 2-B, 2-C). Os dados visuais validam os dados estatísticos da classificação CART.

### 4. DISCUSSÃO

Na comparação visual entre os mapas de uso e ocupação do solo com imagens do satélite Sentinel-2 (Figura 3), podemos observar que os algoritmos CART e RF produziram ótimos resultados, ou seja, obtiveram menor “confusão” na identificação da ocupação do solo.

Esse entendimento visual se faz válido através dos índices avaliativos de classificação Acurácia Geral e Índice Kappa que foram calculados pelo GEE para os 3 métodos de classificação (Tabela 1).

Método	CART	RF	MMD
Classe	Área (%)	Área (%)	Área (%)
Corpos Hídricos	4.7	4.3	6.7
Área Desmatada	34.9	33.5	25.3
Área Urbana	7.1	7.2	5.6
Vegetação Nativa	50.4	52.3	59.7
Solo Exposto	2.9	2.6	2.6
Total	100	100	100
Acurácia Geral	99.96	96.62	76.04
Índice Kappa	99.92	93.61	56.06

Tabela 1: Resultados da classificação supervisionada para cada método utilizado com dados em porcentagem (%) e informações sobre Acurácia Geral (%) e Índice Kappa (%).

O melhor resultado de classificação considerando os índices de Acurácia Geral e Índice Kappa foi obtido pelo método CART com os respectivos valores de 99.96% e 99.92%. Seguido pelo método RF apresentando ótimos

valores de Acurácia Geral e Índice Kappa, que visualmente quase não é perceptível a diferença com o método CART, ambos estando acima de 85%.

O método MMD apresentou os piores resultados tanto estatisticamente quanto visualmente, apresentando os menores valores de Acurácia geral e Índice Kappa com respectivos 76.04% e 56.06%, ambos abaixo de 85%.

Quanto a acurácia do produtor e consumidor, os resultados evidenciam que o método CART possui excelentes valores de acurácia do Consumidor e Produtor (96.96% – 100%), isso mostra que o algoritmo associou corretamente os pixels às amostras de treinamento em todas as classes e que o Consumidor também teve uma amostragem representativa para o método. O método RF também demonstrou resultados satisfatórios em sua acurácia do Consumidor e Produtor (80.48% - 98.59%). O método MMD apresentou valores baixos tanto na Acurácia do Consumidor (19.63%) quanto na Acurácia do Produtor (61.42%), esses resultados indicam que somente 19.63% dos pixels da classe Corpos Hídricos foram classificados corretamente pelo método, o Consumidor indicou corretamente 61.42% dos pixels.

Na figura 4 observa-se que a classe Vegetação Nativa ocupa um total de 50.4%, seguido da classe Área desmatada, com cerca de 34.9% da área de estudo. A Área Urbana ocupa um total de 7.1%, complementado com 7.4% de Corpos Hídricos e 2.9% de Solo Exposto, para o ano de 2021.

Na figura 5 encontra-se representado as imagens oriundas dos aerolevantamentos realizados com drone comparadas com a imagem resultante da classificação realizada pelo método CART. As três comparações visuais validam os valores estatísticos do método, pois mesmo com resoluções espaciais distintas, limitando em algumas áreas a comparação entre os alvos, de forma geral, foi possível estabelecer a correlação entre, as classes de uso e ocupação do solo das imagens Sentinel-2A, com os ortomosaicos.

## 5. CONCLUSÕES

Este estudo realizou a análise do uso e ocupação do solo da sede do município de Barcelos para o ano de 2021 utilizando imagens Sentinel-2A através da plataforma do GEE. Foram utilizados três algoritmos de classificação supervisionada com os métodos *Classification and Regression Trees* (CART), *Random Forest* (RF) e *Minimum Distance – Euclidean* (MMD).

O método CART apresentou o melhor resultado de uso e ocupação do solo estatisticamente e visualmente, tendo Acurácia Geral de 99,96%. Seguido pelo método RF que apresentou Acurácia Geral de 96,62% e pelo método MMD com Acurácia Geral de 76,04%. A análise desses resultados mostra que os métodos baseados em árvore de decisão

(CART e RF) se apresentam superiores no processamento de classificação de imagens.

O *Google Earth Engine* possibilita uma imensa gama de análises e estudos com grande praticidade e rapidez na obtenção resultados por conta principalmente do processamento em nuvem utilizando os próprios computadores da Google. A partir do código em JAVASCRIPT desse trabalho é possível realizar o mapeamento do uso e ocupação do solo em qualquer lugar do globo, apenas adaptando algumas linhas do código e selecionando amostras bem distribuídas da região de interesse.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra: Série Manuais Técnicos em Geociências - no 7. 3a ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2013.
- [2] DUHAMEL, C. Land use and land cover, including their classification. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS-UNESCO). vol 1, p. 1-9 (2011) Disponível em: <<http://www.eolss.net/sample-chapters/c19/E1-05-01-01.pdf>>. Acesso em: 14/05/2021.
- [3] ARAÚJO FILHO, M. C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de Classificação de Uso e Cobertura da Terra com base na análise de imagens de satélite. Revista Brasileira de Cartografia, v. 59, n. 2, ago, 2007.
- [4] GEE. Google Earth Engine. What is Earth Engine? 2020. Disponível em: <<https://earthengine.google.com/faq/>>, Acesso em: 23/12/2020.
- [5] DIAS, Carla (org). Santa Isabel do Rio Negro (AM), Situação socioambiental de uma cidade ribeirinha no noroeste da Amazônia brasileira: Instituto Socioambiental (ISA), Fois e Acimrn, 2008.
- [6] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- [7] - **Planos de Manejo - Plano de Manejo do Parque Nacional do Jaú.** Disponível em: <<https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/planos-manejo/2550-plano-de-manejo-do-parque-nacional-do-jau>>. Acesso em: 10 out. 2022.
- [8] **ICMBio - Parque Nacional de Anavilhanas - Plano de Manejo.** Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/parnaanavilhanas/anexos/13-plano-de-manejo.html>>. Acesso em: 29 out. 2022.
- [9] PARANHOS FILHO, A. C., LASTORIA, G., TORRES, T. G. Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução às Geotecnologias. Campo Grande-MS: Editora UFMS, 1ed., 2008. 198p.