

# USO DO GOOGLE EARTH ENGINE PARA AVALIAÇÃO TEMPORAL DO USO DA TERRA DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LAGO DO AMAPÁ EM RIO BRANCO – ACRE

Daniel Fadel Junior<sup>1</sup>, Marina Pannunzio Ribeiro<sup>2</sup>, Roberta Averna Valente<sup>3</sup>, Kaline de Mello<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universidade Federal de São Carlos, Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), km 110 – Sorocaba – SP, [danielfadel@estudante.ufscar.br](mailto:danielfadel@estudante.ufscar.br)

## RESUMO

As Unidades de Conservação (UCs), no Brasil, se concentram principalmente no bioma amazônico, e são uma das principais estratégias de proteção da natureza em todo o mundo, garantindo serviços ecossistêmicos e fomentando atividades sustentáveis. A Área de Proteção Ambiental é uma das UCs com mais usos permissíveis, portanto monitorar as dinâmicas de conversão da cobertura terrestre é fundamental na sua funcionalidade. Este trabalho avaliou a dinâmica espaço-temporal do uso da terra da Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá que sofre forte influência da capital do Acre para os anos de 2019, 2020 e 2021 utilizando imagens de satélite de alta resolução através da ferramenta de processamento de dados em nuvem, o Google Earth Engine.

**Palavras-chave** — Classificação supervisionada, Sentinel, Unidade de Conservação, Sensoriamento remoto, Amazônia.

## ABSTRACT

*The Nature Protection Units (UC) in Brazil are mainly focused on the Amazon biome, and one of the main nature protection strategies worldwide, nature protection services around the world, in Brazil Ecosystems are active and encouraging activities. The Environmental Protection Area is one of the UCs with the most permissible uses, so monitoring the dynamics of land cover conversion is fundamental to its functionality. This work evaluated a dynamic space-time of land use in the Lago do Amapá Environmental Protection Area that is strongly influenced by the capital of Acre for the years 2019, 2020 and 2021 using high resolution satellite images through the data processing tool. cloud data, or Google Earth Engine.*

**Key words** — Supervised classification, Sentinel, Protection Units, Remote Sensing, Amazon.

## 1. INTRODUÇÃO

A Amazônia abriga as maiores florestas tropicais da Terra e compreende 58,9% do território Brasileiro, sendo que a sua importância estende-se ao redor do planeta [1]. Contudo, as perturbações florestais na Amazônia provenientes da

ocupação humana têm se destacado nos últimos anos, com uma tendência crescente nas taxas de desmatamento [2].

O Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) através do Projeto de Monitoramento do Desmatamento por Satélite (PRODES - <http://www.obt.inpe.br/prodes/>), produz estimativas das taxas anuais de desmatamento na Amazônia e de acordo com os dados atuais, até 2021 cerca de 796.449 mil km<sup>2</sup> de floresta sofreram desmatamento por corte raso, o que corresponde a mais de 17% da cobertura original. Essa extensão de desmatamento não se limitou às florestas não protegidas, mas também se estendeu às Unidades de Conservação da Amazônia.

As UCs Amazônicas apesar de exercerem uma função de resistência ao desmatamento frente à pressão induzida pelas áreas urbanas e rodovias na região [3], sofrem com o aumento no desmatamento desde 2012 chegando no seu auge em 2021 com incremento de 1,4 mil km<sup>2</sup> desmatados.

As UCs são espaços protegidos que garantem a conservação das espécies e fornecem serviços ecossistêmicos fundamentais como conservação de solo e água [4]. A Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) regulamenta em escala municipal, estadual e federal as categorias de UCs separando em dois grandes grupos: proteção integral, que visa principalmente proteção da biodiversidade local; e uso sustentável onde se incluem a Área de Proteção Ambiental. O principal objetivo de uma Área de Proteção Ambiental é aliar o processo de ocupação com a proteção da biodiversidade assegurando a sustentabilidade dos recursos naturais [5]. A harmonia entre as ocupações privadas e o uso sustentável são um grande desafio a ser superado principalmente em áreas próximas aos centros urbanos.

Sabendo da necessidade em manter um equilíbrio ambiental dentro de uma Área de Proteção Ambiental, as técnicas aplicadas ao sensoriamento remoto podem monitorar o uso da terra, quantificar a hidrografia e caracterizar a vegetação, sendo de grande importância para as políticas públicas. O Google Earth Engine (GEE) tem se destacado em pesquisas de monitoramento do uso da terra como uma ferramenta de sensoriamento remoto. GEE é uma plataforma online, com dados acessíveis gratuitamente, grande acervo Landsat, conjuntos de dados MODIS e dados das missões Sentinel, além das informações sobre precipitação, temperatura, dados de elevação do terreno, entre outros [6].

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi a avaliação da dinâmica espaço-temporal do uso da terra para os anos de

2019, 2020 e 2021 dentro da Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá, localizada na Amazônia brasileira, combinando dados Sentinel e aprendizado de máquina na plataforma GEE. Informações históricas sobre o uso da terra, principalmente em Áreas de Preservação Ambiental na Amazônia brasileira são essenciais para o direcionamento de políticas públicas de combate ao desmatamento ilegal, fiscalização do crescimento de áreas urbanas sobre áreas de florestas e controle de invasões de áreas de preservação permanente, como as zonas ripárias, por exemplo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é a Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá que possui 5.224 ha e fica a aproximadamente 12 km do centro da capital do Acre, Rio Branco. A Área de Proteção Ambiental é administrada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA), em articulação com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMEIA). Apesar da forte pressão do crescimento urbano conta com muitas áreas de floresta nativa tropical densa, principalmente ao longo das margens de corpos hídricos [7].

A Área de Proteção Ambiental possui dois rios importantes do município de Rio Branco, o Rio Acre e o Rio Espalha, além do Lago Amapá, que tem o formato de uma ferradura e dá nome a Área de Proteção Ambiental. O clima sazonal é tropical chuvoso com estação seca de pequena duração [8], o que favorece a abundância de água na região.

### 2.1. Processamento de imagens e classificação do uso da terra

O GEE foi utilizado para aquisição e classificação das imagens, seguindo os seguintes parâmetros: (i) Através dos dados fornecidos pelo programa PRODES foi possível importar e utilizar o shapefile da Área de Proteção Ambiental dentro da plataforma GEE. (ii) Definição dos anos de estudo: 2019, 2020 e 2021. (iii) Escolha do tipo de sensor Sentinel: Sentinel-2 MSI, Level-2A, que possui imagens multiespectrais de alta resolução (10 m). (iv) Período do ano para a seleção das imagens: de maio a julho, período que compreende o verão Acreano, geralmente seco e sem nuvens para os três anos de estudo. Ainda assim, foi aplicada a máscara de nuvens, que possibilita a filtragem de nuvens na coleção de imagens. (v) Para cada ano foi utilizado a síntese de uma coleção de imagens processadas. (vi) Cálculo dos índices: índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), índice de vegetação aprimorado (EVI), índice de água de diferença normalizada (NDWI) e índice de água por diferença normalizada modificado (MNDWI). (vii) Os índices de vegetação (NDVI, EVI, NDWI e MNDWI) foram utilizados junto com as bandas B2, B3 e B4 (azul, verde e vermelho respectivamente) no algoritmo de aprendizado de máquinas. (viii) Definição das classes de uso e cobertura da terra: Floresta (vegetação nativa e remanescentes florestais); Pastagem (campos

antrópicos); Áreas urbanas (áreas com edificações, solos expostos e estradas); Rios; Lagos; Açudes ou tanques, que em sua maioria são usados na piscicultura. (ix) Amostras de treinamento: foram selecionadas pixel a pixel e polígonos, gerando uma coluna aleatória para cada classe, separando 70% ao classificador e 30% aos testes de acurácia. (x) Algoritmos de aprendizado de máquina: foi aplicado o *Classification and Regression Trees* (CART) (xi) A qualidade das classificações dos mapas obtidos foi avaliada por meio do Índice Kappa, Acurácia Geral, Acurácia do Produtor e Acurácia do Usuário, obtidos por meio da Matriz Confusão, no GEE. (xii) Os mapas foram elaborados no software QGIS a partir da exportação de imagens.

Foi encontrado na área diferentes assinaturas espectrais para os corpos hídricos, lagos naturais geralmente com cores mais escuras se diferenciam dos açudes com diversas colorações e até mesmo dos próprios rios que possuem colorações amarronzadas e se assemelham às estradas de terra ou solos expostos. Então para melhor representar suas devidas classes foi adotado na metodologia adicionar junto ao NDVI o índice EVI para maior sensibilidade à vegetação quanto à urbanização, NDWI e MNDWI que utilizam das bandas espectrais do infravermelho para maior sensibilidade aos corpos hídricos [9].

## 3. RESULTADOS

As acurácias gerais das classificações do mapa de uso da terra da Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá, realizada pelo algoritmo CART foram de 98,72% em 2019, 98,81% em 2020 e 98,01% para 2021, enquanto o índice kappa foi de 97% para os dois primeiros anos e 96% para o ano de 2021 (Tabela 1).

2019						
	Floresta	Pastagem	Rios	Lagos	Açudes	Área Urbana
Floresta	2696	4	0	0	0	0
Pastagem	2	1402	0	0	0	9
Rios	0	0	170	0	3	1
Lagos	0	0	0	145	1	0
Açudes	0	0	8	4	42	0
Áreas Urbanas	0	18	0	1	2	210
2020						
Floresta	2665	3	0	0	0	0
Pastagem	3	1142	0	0	0	19
Rios	0	0	136	0	0	0
Lagos	0	1	0	176	2	0
Açudes	0	2	0	4	51	1

Áreas Urbanas	0	16	1	1	0	237
<b>2021</b>						
Floresta	2700	4	0	0	0	0
Pastagem	7	1556	1	0	0	37
Rios	0	0	133	0	10	1
Lagos	1	1	0	193	2	0
Açudes	0	0	4	3	31	0
Áreas Urbanas	0	38	0	0	1	336

Tabela 1. Matriz de confusão de 30% das amostras de treinamento.

Os valores de acurácia do consumidor e do produtor variaram de 90% a 99% para cada classe nos três anos estudados, com exceção da classe referente aos açudes que na acurácia do consumidor e do produtor obtiveram os menores valores. Houve confusão também entre áreas urbanas e pastagem (Tabela 1).

A classe floresta teve a maior ocorrência na área e um aumento de 5 ha no primeiro ano, representando aproximadamente 47% da área de estudo (Tabela 2). Em contrapartida, a área florestal foi diminuída em 40 ha entre os anos de 2019 a 2021. Em segundo lugar está a pastagem com aproximadamente 38% e em seguida as áreas urbanas que obtiveram o recorde de incremento entre os anos, chegando em 2021 com uma área de 22,14% a mais do que em 2019 (Tabela 2).

	2019		2020		2021	
	Área		Área		Área	
	ha	%	ha	%	ha	%
Floresta	2.481	47,6	2486	47,7	2440	46,8
Pastagem	2.026	38,9	1960	37,6	1980	38
Rios	115	2,2	120	2,3	101	1,9
Lagos	109	2,1	135	2,6	112	2,2
Açudes	80	1,5	76	1,5	88	1,7
Áreas Urbanas	402	7,7	437	8,4	491	9,4
Total	5214	100	5214	100	5214	100

Tabela 2. Área por classe da Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá.

As classes referentes à hidrografia representaram cerca de 6% da área e obtiveram pouca mudança (Figura 1), oscilando entre ganhos e perdas durante os anos. Contudo, os açudes apesar da menor área de classe encontrada, obteve mais de 8 ha de incremento até 2021.

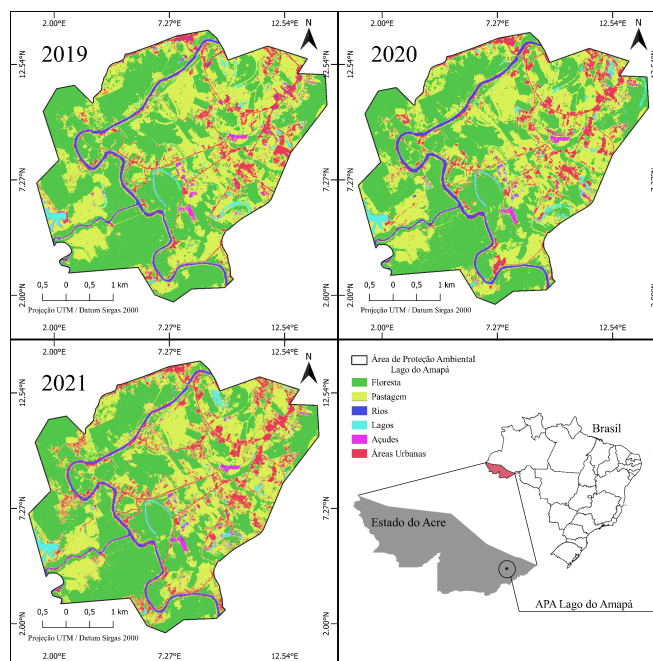


Figura 1. Mapa da classificação da Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá.

#### 4. DISCUSSÃO

O algoritmo CART apresentou uma boa acurácia geral, com valores superiores a 98% (Tabela 1). Isto indica que o classificador agrupou corretamente os pixels referente a suas respectivas classes e também o usuário realizou uma amostragem representativa [10]. Segundo parâmetros apresentados por [11] os valores encontrados do índice kappa se enquadram em uma classificação “quase perfeita”, na faixa de 81% a 100%.

Contudo, os valores sobre acurácia do produtor e consumidor que resultam em um número menor que 85% são considerados por [12], como erros cometidos pelo algoritmo, como os açudes, que em 2019 apresentou 77,8% na acurácia do produtor e em 2020, valores de 79,5% e 82,1% para acurácia do consumidor e do produtor, respectivamente (Tabela 1). Isso pode ter ocorrido principalmente pela grande variação de cor encontrada na hidrografia, e a menor quantidade de pixels amostrados por terem áreas menores, o que dificulta a seleção de uma maior área amostral

Apesar das classes pastagem e áreas urbanas terem bons valores de acurácia na matriz de confusão observou-se grande número de amostras confundidas, mesmo com índices aplicados (Tabela 1). O período escolhido para a aquisição de imagens proporciona a menor ocorrência de nuvens, porém compreende a época de seca e reflete diretamente na pastagem. A menor resiliência da vegetação rasteira nesta época e a degradação dos pastos acaba expondo o solo o que se confunde com as áreas urbanas, seja por estradas de terra ou abertura para edificações e loteamentos.

A dinâmica de ocupação urbana pode ter relação entre as áreas de floresta e pastagem. De 2019 a 2020, em contraste com o pequeno ganho de floresta, a classe pastagem teve sua maior perda de área, isso se deve principalmente à conversão de pastos antigos e próximos a vias de acesso em áreas urbanas (Tabela 2).

Já para o período de 2020 a 2021 as áreas de pastagem aumentaram e as áreas urbanas continuaram a crescer, em contrapartida as áreas de floresta diminuíram em 45 ha. A diminuição de floresta está relacionada com a abertura de novas áreas de pastagens principalmente no interior da Área de Proteção Ambiental (Tabela 2).

Em 2010 levantamentos do SOS-Amazônia já mostravam grande incidência de propriedades abaixo de um hectare, conhecido como loteamento, totalizando a maior parte das propriedades existentes na Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá [13]. De 2019 a 2021 a classe com maior aumento foram as áreas urbanas mostrando que essa tendência continua, principalmente quando observado fragmentações em formato de espinha de peixe onde antes eram pastagens (Figura 1).

Infelizmente, as Áreas de Proteção Ambiental na Amazônia não estão imunes aos impactos humanos e as mudanças antrópicas no uso da terra dentro dessas áreas impactam substancialmente os serviços prestados pelas florestas à população. Assim, trabalhos como esse que alertam os gestores locais sobre as alterações vigentes são essenciais, além de políticas adequadas de plano de manejo das Áreas de Proteção Ambiental. A Amazônia é um patrimônio mundial e toda proteção deve ser dada à ela.

## 5. CONCLUSÕES

A Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá, mesmo com um período relativamente curto de três anos de avaliação espaço-temporal do uso da terra, destacou aumento das áreas urbanas, diminuição de áreas de floresta e pastagem e aumento da presença de açudes e lagos naturais, indicando modificações antrópicas na paisagem. A utilização de algoritmos de aprendizado de máquina na plataforma GEE, apresentou bom desempenho, sendo capaz de compatibilizar a demanda de monitoramento das áreas protegidas da Amazônia de forma prática e rápida.

A Amazônia brasileira e principalmente suas áreas protegidas, como a Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá, tem sofrido com a intensa presença humana, assim, a convivência entre o morador local e a sustentabilidade dos recursos naturais deve ser monitorada visando o direcionamento de políticas públicas, combate ao desmatamento ilegal e controle de invasões em áreas de preservação permanente, garantindo assim a perpetuidade dos objetivos de uma Área de Proteção Ambiental na Amazônia.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] V. M. Rocha, F. W. S. Correia, and E. S. Fialho. "A Amazônia Frente Às Mudanças No Uso Da Terra E Do Clima Global E A Importância Das Áreas Protegidas Na Mitigação Dos Impactos: Um Estudo De Modelagem Numérica Da Atmosfera (The Amazon in the face of land cover and global climate changes...)." *Acta Geográfica*, pp.31-48, 2012.
- [2] INPE (National Institute for Space Research). *Deforestation monitoring of the Brazilian Amazon rainforest and Cerrado biome by satellite*. 2022.
- [3] D. G. SANSOLO. Unidade de conservação, rodovia e território: uma análise da relação entre BR 319 e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Igapó Açú, Amazonas, Brasil. *Sociedade & Natureza*, v. 32, p. 197-210, 2022.
- [4] W. F. Laurance, D. C. Useche, J. Rendeiro, M. Kalka, C. J. Bradshaw, S. P. Sloan, et al. Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. *Nature*, v. 489, n. 7415, pp. 290-294, 2012.
- [5] J. A. DRUMMOND, J. L. A. FRANCO, D. D. OLIVEIRA. Uma análise sobre a história e a situação das unidades de conservação no Brasil. *Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas*. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, pp. 341-385, 2010.
- [6] N. GORELICK et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, pp. 18-27, 2017.
- [7] A. D. S. VIANA. *Dinâmica do desmatamento na área de proteção ambiental Lago do Amapá Rio Branco Acre*. 2013.
- [8] W. KÖPPEN. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica. México. pp. 479, 1948.
- [9] A. B. S. D. ANDRADE. Utilização dos índices ndwi e mndwi na detecção de corpos hídricos em imagens sentinel-2 na bacia hidrográfica do rio traipu – Alagoas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura) – Centro de Ciências Agrárias, Curso de Graduação em Engenharia de Agrimensura, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2019.
- [10] W. DOS SANTOS CARVALHO, F. J. C. MAGALHÃES FILHO, T. L. DOS SANTOS. Uso e cobertura do solo utilizando a Plataforma Google Earth Engine (GEE): Estudo de caso em uma Unidade de Conservação. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 2, pp. 15280-15300, 2021.
- [11] J. R. LANDIS, G. G. KOCH. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, v. 33, n. 1, pp. 159, 1977.
- [12] J. R. THOMLINSON, P. V. BOLSTAD, W. B. COHEN. Coordinating Methodologies for Scaling Landcover Classifications from Site-Specific to Global: Steps toward Validating Global Map Products. *Remote Sensing of Environment*, v. 70, pp. 16-28, 1999.
- [13] SOS AMAZÔNIA. *Plano de gestão Área de Proteção Ambiental Lago do Amapá fase 1*. Rio Branco, Acre, 2010.