TRANSIÇÕES DE USO E COBERTURA DA TERRA NAS ÁREAS DE INCREMENTO ANUAL DE DESMATAMENTO PRODES NO BIOMA AMAZÔNIA ENTRE 2008 E 2022

German Dario Duarte Gonzalez [1], Rafael Mingoti [2], Rafael Vilela de Andrade [3]

[1]Bolsista DTI-B Embrapa Territorial, Av. Sd. Passarinho, 303 – Jardim Chapadão, Campinas – SP. E-mail: german.gonzales@colaborador.embrapa.br; [2]Embrapa Territorial, Av. Sd. Passarinho, 303 – Jardim Chapadão, Campinas – SP. E-mail: rafael.mingoti@embrapa.br; e [3]Bolsista DTI-B Embrapa Territorial, Av. Sd. Passarinho, 303 – Jardim Chapadão, Campinas – SP. E-mail: rafael.andrade@colaborador.embrapa.br

RESUMO

O monitoramento do uso e cobertura da terra é um fator primordial para compreender as dinâmicas associadas ao desmatamento no bioma Amazônia, devido a sua grande relevância ambiental, é preciso avaliar os fatores associados a este processo para auxiliar as tomadas de decisão para a preservação, conservação e restauração de áreas de floresta nativa. A partir de informações associadas ao desmatamento quanto a uso e cobertura da terra disponíveis para o bioma, este trabalho objetivou realizar uma análise e quantificação de áreas das transições de uso e cobertura da terra (TerraClass) em áreas de desmatamento mapeadas (PRODES) entre 2008 e 2022. Foi possível evidenciar que para os últimos quatro anos, as áreas de desmatamento aumentaram significativamente entre 40% e 65% em relação aos anos anteriores, por sua parte, constatou-se que as principais coberturas predominantes nas áreas desmatadas se concentram em classes de pastagens.

Palavras-chave — Uso e cobertura da terra, desmatamento, PRODES, TerraClass, Amazônia.

ABSTRACT

Monitoring land use and land cover is a crucial factor for understanding the dynamics associated with deforestation in the Amazon biome. Due to its significant environmental relevance, it is essential to assess the factors related to this process to support decision-making for the preservation, conservation, and restoration of native forest areas. Based on information related to deforestation concerning land use and land cover available for the biome, this study aimed to analyze and quantify areas of land use and land cover transitions (TerraClass) in mapped deforestation areas (PRODES) between 2008 and 2022. It was possible to demonstrate that in the last four years, deforestation areas have significantly increased by 40% to 65% compared to previous years. Furthermore, it was found that the main predominant cover types in deforested areas are concentrated in pasture classes.

Key words — *Land use and land cover, deforestation, PRODES, TerraClass, Amazon.*

1. INTRODUÇÃO

Os serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas florestais nativas são fundamentais para as dinâmicas ambientais como também para o desenvolvimento das diferentes atividades antrópicas, principalmente pelas funções como regulador climático e sequestro de carbono, além da preservação e conservação dos componentes faunísticos e florísticos e recursos naturais como o solo e a água, tendo um papel fundamental para a adaptação às mudanças climáticas [1]. O bioma Amazônia é um dos maiores ecossistemas florestais do planeta, sendo responsável por dinâmicas e processos ambientais da região, caracterizado pela sua qualidade ambiental e suas importantes funções ecossistêmicas, em área aproximada de 4,9 milhões de km^2, representa 49% do território brasileiro com [2; 3].

Devido a sua grande diversidade e extensão, o bioma Amazônia é alvo de fortes pressões, destacando os processos de expansão da fronteira agrícola, exploração florestal, mineração, aumento de áreas urbanas, entre outras, sendo as principais responsáveis pelo processo de desmatamento nas áreas de floresta [4]. A avaliação do uso e cobertura da terra é uma análise fundamental para compreender os processos físicos, biológicos e socioeconômicos que ocorrem ao longo da superfície da terra, sendo fundamentais para a aplicação de diferentes modelos e abordagens para auxiliar às tomadas de decisão e estratégias para o manejo adequado dos recursos naturais. Portanto, são várias abordagens e metodologias que têm investigado as transições de uso da terra e seus impactos no meio ambiente ao redor do mundo [5; 6; 7; 8; 9; 10].

O monitoramento da cobertura e uso da terra tem grande potencial para avaliação e compreensão de dinâmicas ambientais em áreas florestais, como é o caso da floresta amazônica [11]. Pelo do uso de informações, ferramentas e técnicas de sensoriamento remoto, as dinâmicas associadas ao uso e cobertura da terra têm sido estudadas, principalmente pela utilização de técnicas de classificação e algoritmos que permitem gerar mapas de uso e cobertura da terra a partir do processamento de imagens de satélite multiespectrais em diferentes resoluções espaciais (LandSat, Spot, Sentinel) de forma aberta [12; 13; 14; 15; 16; 17].

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) executa três projetos operacionais para o monitoramento do

uso e cobertura da terra na Amazônia Legal, baseados no uso de produtos e técnicas de processamento de sensoriamento remoto, os quais são o Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES) [3], o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) [14] e o sistema de mapeamento do uso e ocupação da terra (TerraClass), este último realizado em parceria com a Embrapa [18].

O projeto PRODES monitora o desmatamento na Amazônia legal brasileira a partir de 1988, através da classificação de imagens de satélite dos projetos LandSat e Sentinel, tendo registros de desmatamentos acumulado entre 1988 e 2007 e incremento de desmatamento anual a partir 2008, é uma fonte com grande volume de dados disponíveis e de acesso livre. O projeto TerraClass, gera dados sobre uso e cobertura da terra para o Bioma Amazônia e Cerrado, tendo dados disponíveis entre 2008 e 2022, por meio de classificações de imagens anuais dos sensores LandSat e Sentinel com validações em campo, dando maior acurácia e precisão nos dados gerados e avaliados no projeto.

O processamento dos dados dos projetos PRODES e TerraClass permitem obter informações interessantes para auxiliar nas tomadas de decisão em relação ao processo de desmatamento, tendo disponível um volume de informações grande, abrangendo o bioma Amazônia. A pesar que as informações sobre uso e cobertura da terra, apresentam resolução espacial média (~10 metros), são informações bastante acuradas e que permitem monitorar as tendências de uso da terra, considerando que a qualidade dos dados a cada dia é aperfeiçoada em função da tecnologia e técnicas de geoprocessamento emergentes.

Este trabalho tem por objetivo analisar as diferentes transições de uso e cobertura da terra em áreas de desmatamento mapeadas e anunciadas pelo projeto PRODES no intervalo de tempo de 2008 - 2022, utilizando os dados disponíveis do projeto TerraClass, para determinar os principais fatores associados ao processo de desmatamento, para assim, auxiliar e apoiar às ações e políticas de preservação, conservação, restauração da floresta, como também às ações de uso e manejo do uso da terra nestas áreas no bioma Amazônia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Por meio do uso e análise de dados relacionados ao processo de desmatamento (incremento anual) e uso e cobertura da terra para o bioma Amazônia, foram utilizadas ferramentas em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG) para identificar as transições de uso nas áreas desmatadas no bioma Amazônia, baseando-se em análises espaciais e estatísticas das informações disponíveis dos projetos PRODES e TerraClass, no recorte temporal entre 2008 e 2022.

Para o processamento de dados, foram organizadas em banco de dados geográficos as informações disponíveis do projeto PRODES e TerraClass, para identificar o uso predominante em cada um dos polígonos das áreas desmatadas a partir de cruzamentos de feições e atributos espaciais. As informações de incremento anual de desmatamento foram consolidadas em formato vetorial no período de 2008 a 2022 caracterizando cada polígono com um identificador único (OBJECTID) e qualificado pelo ano de referência PRODES.

Por sua parte, as imagens de uso e cobertura da terra do projeto TerraClass disponíveis para os anos 2008, 2010, 2012, 2014, 2018, 2020 e 2022 foram projetadas para coordenadas planas (Projeção Cônica Equivalente Albers, datum SIRGAS 2000 IBGE) em formato *raster* para posterior cruzamento e quantificação de áreas, obtendo imagens com 10m de resolução espacial. Após tratamento das imagens, foi realizada a extração dos valores digitais (classes) dos pixels contidos nas imagens de uso e cobertura da terra em relação às áreas de incremento anual de desmatamento.

Tendo os valores digitais dos pixels para cada polígono de desmatamento, foi determinado o uso predominante em cada feição para cada imagem TerraClass disponível, aplicando a ferramenta "zonal statistics" ou estatística zonal disponível no *ArcGIS Pro* pela função *Majority* (valor com maior quantidade de pixels em cada zona) determinando assim a classe predominante de uso e cobertura da terra (Figura 1).

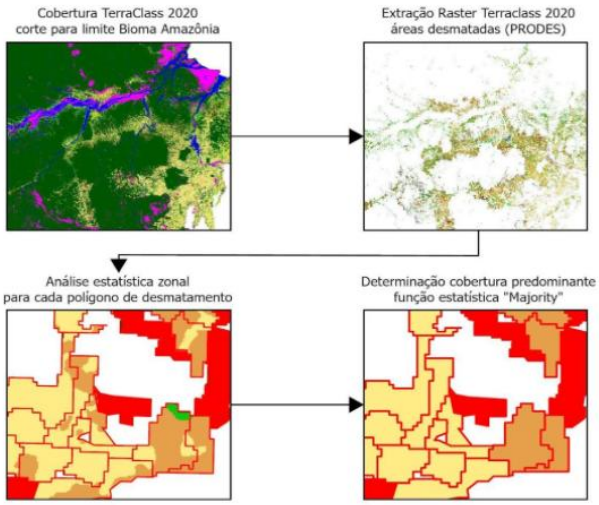


Figura 1. Metodologia para determinar uso predominante nas áreas de incremento anual de desmatamento. Fonte: Autores

Após atribuição do uso e cobertura da terra, foi realizada a quantificação de áreas das classes predominantes nas áreas desmatadas, tendo finalmente as transições de uso e cobertura da terra para cada ano de desmatamento PRODES em relação à dinâmica registrada pelo predomínio segundo o projeto TerraClass.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da consolidação dos dados de incremento anual de desmatamento em formato *geodatabase*, foi possível quantificar as áreas de incremento anual de desmatamento entre 2008 e 2022, para assim, registrar os valores de desmatamento em hectares (Figura 2). Constatou-se que nos últimos 4 anos do período avaliado, houve um aumento considerável do desmatamento tendo taxas maiores a 1 milhão de hectares por ano, registrando assim uma tendência de aumento entre 40% e 65% quando comparado a anos anteriores, como por exemplo, o ano de 2012 que registrou uma taxa de incremento anual de desmatamento de 0,4 milhões de hectares.

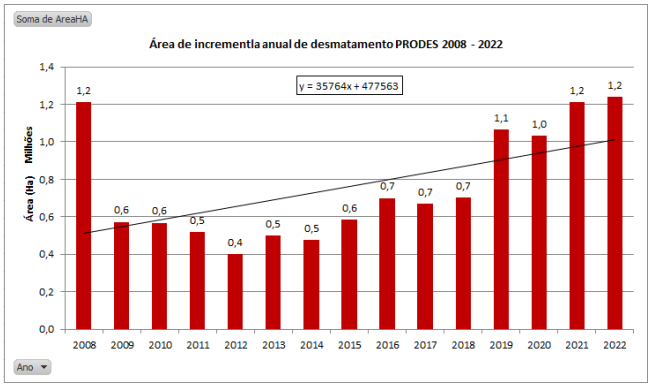


Figura 2. Incremento anual de desmatamento no Bioma Amazônia entre 2008 e 2022. Fonte: Adaptado de INPE.

Totalizando aproximadamente 11,4 milhões de hectares de área de incremento de desmatamento anual entre 2008 e 2022, verifica-se uma tendência de aumento, o que indica a necessidade de melhoria das ações de combate e de controle do desmatamento, contemplando estratégias e ações mais rigorosas para controlar e diminuir o aumento do desmatamento no bioma Amazônia, principalmente nas unidades federativas (UF's) que registram as maiores taxas sendo Mato Grosso (MT), Pará (PA), Rondônia (RO), Amazonas (AM) com também constatado na bibliografia [3; 14; 17; 18].

Pela aplicação da estatística zonal nas áreas de desmatamento, foi possível quantificar as áreas desmatadas em relação ao uso e cobertura da terra (Figura 3). Nas áreas de desflorestamento para 2008 e as transições de uso nessas mesmas áreas para o ano de 2022, observa-se predomínio pelo uso e cobertura de pastagens herbáceas e arbustivas/arbóreas, representando em torno de 70% das áreas, seguido da classe de uso e cobertura de vegetação natural florestal secundária, representando aproximadamente 12% das áreas desmatadas, indicando também que existem processos de regeneração florestal.

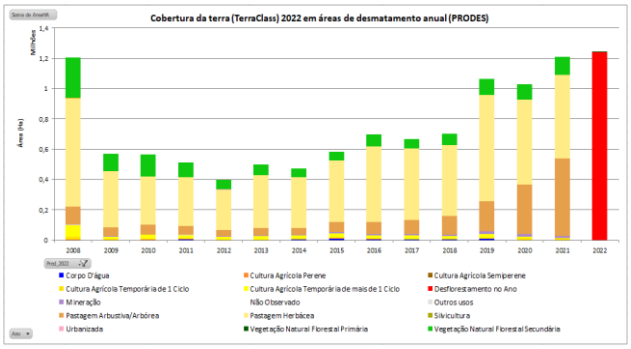


Figura 3. Classes de uso e cobertura da terra em 2022 nas áreas de incremento anual de desmatamento entre 2008 e 2022. Fonte: Autores.

Por sua parte, a análise do uso e cobertura da terra em 2022 nas áreas desmatadas entre 2008 e 2022 indica a relevância das atividades agropecuárias no processo de desmatamento, sendo que existe um predomínio de pastagens herbáceas (55%), como também das áreas com cobertura de pastagens arbustivas/arbóreas (16%) em 2022 (Tabela 1). Além disso, constatou-se que quanto mais recente o desmatamento a distribuição das áreas entre as coberturas de pastagens arbustivas/arbóreas e pastagens herbáceas é similar, mas quanto mais antigo há predomínio das pastagens herbáceas, fato que pode levar à consolidação de culturas agrícolas em áreas desmatadas, tendo valores significativos de uso e cobertura de culturas agrícolas, como é perceptível nas áreas desmatadas em 2008.

Classe Terraclass 2022	Área Desmatada (Ha)	% de área
Pastagem Herbácea	6.323.246	55,32%
Pastagem Arbustiva/Arbórea	1.842.454	16,12%
Vegetação Natural Florestal Secundária	1.412.094	12,35%
Desflorestamento no Ano	**1.239.926**	10,85%
Cultura Agrícola Temporária de mais de 1 Ciclo	323.282	2,83%
Cultura Agrícola Temporária de 1 Ciclo	91.908	0,80%
Mineração	87.013	0,76%
Corpo D'água	54.243	0,47%
Cultura Agrícola Perene	24.108	0,21%
Silvicultura	12.244	0,11%
Urbanizada	10.595	0,09%
Outros usos	7.641	0,07%
Vegetação Natural Florestal Primária	1.065	0,01%
Cultura Agrícola Semiperene	248	0,00%
Não Observado	86	0,00%
Total	**11.430.152**	**100%**

Tabela 1. Valores de área em hectares das classes de uso e cobertura da terra (2022) em áreas de desmatamento PRODES entre 2008 e 2022. Fonte: Autores

A partir da distribuição do uso e cobertura da terra em áreas desmatadas mais antigas (2008), foram analisadas as coberturas de pastagens arbustivas/arbóreas, pastagens herbáceas, culturas agrícolas (classes agrupadas) e vegetação natural florestal secundária, devido ao seu domínio em valores de área (Figura 4). Verificou-se que há um aumento de pastagens herbáceas de 319 mil ha em 2010 para 716 mil ha em 2022 e de culturas agrícolas de 9 mil ha em 2010 para 95 mil ha em 2022 em função da diminuição das pastagens arbustivas/arbóreas de 700 mil ha em 2010 para 120 mil ha em 2022, tendo correspondência com

análises feitas por outros autores no bioma [17; 18; 19]. A vegetação natural florestal secundária (regeneração) apresentou um aumento entre 2010 e 2014 de 100 mil a 300 mil ha, e posteriormente uma diminuição de 300 mil ha em 2018 para 260 mil Ha em 2022 (Figura 4).

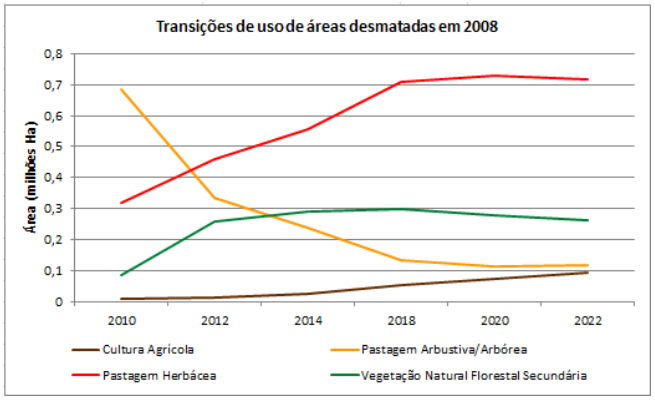


Figura 4. Evolução dos usos e coberturas da terra (2008 – 2022) em áreas de desmatadas em 2008. Fonte: Autores.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir da análise demonstram que há uma tendência de aumento nas áreas desmatadas entre 2008 e 2022 e que nessas áreas há, em 2022, predomínio de pastagens herbáceas (55%) e pastagens arbustivas/arbóreas (16%), as coberturas de vegetação natural secundária (regeneração) representaram 13 % das áreas desmatadas e as culturas agrícolas 4% aproximadamente.

Nas áreas desmatadas em 2008 ocorreu, no período de 2009 a 2022, um aumento das áreas de pastagens herbáceas e de culturas agrícolas indicando que pode existir uma influência do setor agropecuário no avanço do desmatamento no bioma, pelo que há necessidade de realizar estudos mais aprofundados sobre os efeitos das mudanças do uso da terra em todos os aspectos/serviços ambientais/ecossistemas presentes no bioma.

5. REFERÊNCIAS

[1] FAO, “El estado de los Bosques del mundo. Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles.,” UN, Roma, 2022. doi: 10.18356/3db3e9a5-es.

[2] E. E. Miranda et al., “SISTEMA DE INTELIGÊNCIA TERRITORIAL ESTRATÉGICA DO BIOMA AMAZÔNIA,” 2019. https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/siteamazonia/autoria.html (accessed Sep. 27, 2024).

[3] INPE, “PRODES — Coordenação-Geral de Observação da Terra,” 2022. http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes

[4] MMA, “Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) Decreto no 11.367, de 1o de janeiro de 2023,” 2023.

[5] T. K. Thakur et al., “Land use land cover change detection through geospatial analysis in an Indian Biosphere Reserve,” Trees, For. People, vol. 2, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.tfp.2020.100018.

[6] M. Asif et al., “Modelling of land use and land cover changes and prediction using CA-Markov and Random Forest,” Geocarto Int., vol. 38, no. 1, 2023, doi: 10.1080/10106049.2023.2210532.

[7] M. Junaid, J. Sun, A. Iqbal, M. Sohail, S. Zafar, and A. Khan, “Mapping LULC Dynamics and Its Potential Implication on Forest Cover in Malam Jabba Region with Landsat Time Series Imagery and Random Forest Classification,” Sustain., vol. 15, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/su15031858.

[8] M. Kalaiyarasi, S. Saravanan, R. Balaji, S. Karthi, D. S. N. M. Rao, and D. N. V. Sireesha, “Estimation of Deforestation Rate and Forest Land Use Land Cover Change Detection, ICECONF 2023, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023. doi: 10.1109/ICECONF57129.2023.10083928.

[9] C. Lin and N. D. Doyog, “Challenges of Retrieving LULC Information in Rural-Forest Mosaic Landscapes Using Random Forest Technique,” Forests, vol. 14, no. 4, Apr. 2023, doi: 10.3390/f14040816.

[10] L. S. Macarringue et al., “Land Use and Land Cover Classification in the Northern Region of Mozambique Based on Landsat Time Series and Machine Learning,” ISPRS Int. J. Geo-Information, vol. 12, no. 8, Aug. 2023, doi: 10.3390/ijgi12080342.

[11] N. Montalván-Burbano, A. Velastegui-Montoya, M. Gurumendi-Noriega, F. Morante-Carballo, and M. Adami, “Worldwide research on land use and land cover in the amazon region”, vol. 13, no. 11, Jun. 2021, doi: 10.3390/su13116039.

[12] A. S. Garcia et al., “Assessing land use/cover dynamics and exploring drivers in the Amazon’s arc of deforestation through a hierarchical, multi-scale and multi-temporal classification approach,” Remote Sens. Appl. Soc. Environ., vol. 15, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.rsase.2019.05.002.

[13] C. A. Almeida et al., “METODOLOGIA UTILIZADA NOS SISTEMAS PRODES E DETER-2 a EDIÇÃO,” São José dos Campos, 2022. Accessed: Sep. 27, 2024. [Online]. Available: http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/47GAF6S

[14] J. Assunção, C. Gandour, and R. Rocha, “DETER-ing Deforestation in the Amazon: Environmental Monitoring and Law Enforcement,” Am. Econ. J. Appl. Econ., vol. 15, no. 2, pp. 125–156, 2023, doi: 10.1257/app.20200196.

[15] V. do C. Loch et al., “Forest species for biocultural restoration in eastern Amazon, Brazil,” Ethnobiol. Conserv., vol. 12, 2023, doi: 10.15451/ec2023-02-12.03-1-15.

[16] R. M. da Silva, A. G. Lopes, and C. A. G. Santos, “Deforestation and fires in the Brazilian Amazon from 2001 to 2020: Impacts on rainfall variability and land surface temperature,” J. Environ. Manage., vol. 326, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.jenvman.2022.116664.

[17] A. K. Neves, T. S. Körting, L. M. G. Fonseca, and M. I. S. Escada, “Assessment of terraclass and mapbiomas data on legend and map agreement for the Brazilian amazon biome,” Acta Amaz., vol. 50, no. 2, pp. 170–182, Apr. 2020, doi: 10.1590/1809-4392201900981.

[18] INPE e Embrapa Agricultura Digital, “TerraClass,” 2024. https://www.terraclass.gov.br/ (accessed Sep. 30, 2024).

[19] C. B. Caballero, T. W. Biggs, N. Vergopolan, T. A. P. West, and A. Ruhoff, “Transformation of Brazil’s biomes: The dynamics and fate of agriculture and pasture expansion into native vegetation,” Sci. Total Environ., vol. 896, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166323.