



## MAPEAMENTO COMPLEMENTAR DA SÉRIE HISTÓRICA DE DESMATAMENTO DO PRODES EM UMA ÁREA A LESTE DO BIOMA AMAZÔNIA

João Felipe Sobrinho Kneipp Cerqueira Pinto <sup>1</sup>, Raíssa Caroline dos Santos Teixeira <sup>1</sup>,  
Amanda Pinoti Belluzzo <sup>1</sup>, Cassiano Gustavo Messias <sup>1</sup>, Luís Eduardo Pinheiro Maurano  
<sup>1</sup>, Cláudio Aparecido de Almeida <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos - SP, Brasil  
(jfkneipp@gmail.com; raissasteixeira@gmail.com; amanda.belluzzo@gmail.com;  
cassiano.messias@inpe.br; luis.maurano@inpe.br; claudio.almeida@inpe.br)

**Resumo:** A floresta amazônica é alvo de discussões globais sobre políticas voltadas à sua proteção. Este trabalho apresenta os resultados do mapeamento de uma série histórica de desmatamento do PRODES a Leste do meridiano de 44° W, uma área do bioma Amazônico que até então não era monitorada, por estar fora da Amazônia Legal. Foram detectados 6.554,63ha de desmatamento, que apresentaram maior densidade e uma tendência de crescimento nas taxas em relação à área já mapeada no Maranhão no mesmo período.

**Palavras-chave:** Desmatamento; Sensoriamento Remoto; Bioma Amazônia; Maranhão.

### INTRODUÇÃO

A floresta Amazônica é a maior floresta tropical do mundo. Destaca-se pela continuidade da sua cobertura florestal, pela sua rede hidrográfica e pela diversidade de seus ecossistemas (Ab’Sáber, 2003). Cobre boa parte do noroeste do Brasil e se estende até outros países da América do Sul.

A área definida como Amazônia Legal Brasileira (ALB) ocupa uma área equivalente a aproximadamente 59 % do território brasileiro (em torno de 5 milhões de km<sup>2</sup>) (Messias et al., 2021). Foi instituída com o objetivo de definir a região política de atuação da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), buscando promover o desenvolvimento incluyente e sustentável e a competitividade da base produtiva regional na economia nacional e internacional. Ocupa áreas que ultrapassam o limite do bioma Amazônico, abrangendo também porções de Cerrado e do Pantanal (IBGE, 2011).

Indígenas vivem na região há, no mínimo, onze mil anos (Porto-Gonçalves, 2015). Embora a população da Amazônia fosse gradativamente aumentando após a chegada dos europeus, a intensificação da ocupação teve início na década de 1970, com a inauguração da rodovia Transamazônica (Fearnside, 2005). Com isso, iniciou-se o desenvolvimento de atividades que acarretaram uma série de impactos ambientais, tais como a supressão das florestas (Porto-Gonçalves, 2015).

Os primeiros estudos para quantificar o desmatamento na ALB foram realizados em 1978, por meio de uma parceria entre o Instituto Brasileiro de

Desenvolvimento Florestal (IBDF) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Tardin et al., 1980). Porém, o acompanhamento sistemático do desmatamento na Amazônia (ALB) foi iniciado em 1988, quando o INPE criou o Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), que, desde então, realiza anualmente o mapeamento das áreas de supressão e fornece as taxas da perda da cobertura florestal primária (Messias et al., 2021).

Embora ao longo das duas décadas seguintes o PRODES tenha se consolidado como o sistema oficial de monitoramento da ALB, com acurácia dos mapeamentos comprovada e com reconhecimento internacional, apenas em 2016 o sistema expandiu para outro bioma, no caso o Cerrado (Maurano et al., 2019). Através do projeto “Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros: Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal”, o INPE está produzindo mapeamentos PRODES para todos os biomas brasileiros (INPE, 2022). Também está sendo produzida uma série histórica de dados de supressão de vegetação natural não florestal no bioma Amazônia (Almeida et al., 2022b). É previsto que, a partir de 2023, todo o território brasileiro seja monitorado sistematicamente pelo INPE.

Desde 1988, o monitoramento do desmatamento na Amazônia vem sendo realizado em toda extensão da ALB. Porém, a partir de 2016, com o início do monitoramento do Cerrado, passou-se a ter uma sobreposição de áreas entre os projetos PRODES do Cerrado e da Amazônia. Por esse motivo, o INPE tem se empenhado em uma futura readequação da área de



interesse do PRODES Amazônia aos limites do bioma, e não mais aos da ALB (IBGE, 2019).

A ALB abrange os estados do Amazonas, Acre, Amapá, Mato Grosso, Pará, Roraima, Rondônia e Tocantins em sua totalidade. O Maranhão (MA) também integra a ALB, porém, apenas a sua porção a Oeste do meridiano de 44° W. O esforço de readequar o limite empregado pelo PRODES Amazônia esbarrou com o fato de que existe uma área do bioma que ultrapassa o meridiano de 44°, localizada na porção Leste do Maranhão. Por esse motivo, foi constatada a necessidade de se mapear esta área que, até então, encontrava-se fora dos limites do monitoramento do PRODES Amazônia, e que se localiza em uma área de transição com o Cerrado.

O mapeamento de uma série histórica de desmatamento na área citada foi realizado pela equipe PRODES Amazônia, no INPE, no primeiro semestre de 2022. Este trabalho tem como objetivo apresentar, além da metodologia empregada, os resultados obtidos após interpretação das imagens históricas da área de estudo e as estatísticas do desmatamento nesta região.

#### LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no extremo leste do bioma Amazônia, a leste do meridiano de 44° W, no estado do Maranhão, região Nordeste do Brasil. Os municípios de Primeira Cruz, Humberto de Campos, Icatu, São José do Ribamar, Morros, Cachoeira Grande, Presidente Juscelino, Presidente Vargas e Nina Rodrigues abrangem a área de estudo, que consiste em 1.811,99 km<sup>2</sup> e encontra-se uma área de transição do bioma Amazônia com o Cerrado (Figura 1).

#### MATERIAL E MÉTODOS

Por meio do portal TerraBrasilis<sup>1</sup>, foram obtidos os arquivos vetoriais que contém a delimitação da Amazônia Legal Brasileira e a grade de cenas Landsat, ambos utilizados pelo PRODES. O TerraBrasilis foi desenvolvido pelo INPE para dar acesso dos dados geográficos produzidos pelos seus programas (Assis et al., 2019).

Os novos limites dos biomas brasileiros, publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE<sup>2</sup>) em 2019, os quais têm sido empregados pelos programas de monitoramento do INPE, foram tomados como referência para a delimitação da área de interesse. Além disso, para apoio, também foram utilizados os dados de vegetação do IBGE, na escala 1:250.000, e consultas pontuais a mosaicos de imagens de alta resolução da Planet, disponíveis de forma aberta no portal Global Forest Watch<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>

<sup>2</sup> <https://www.ibge.gov.br/>

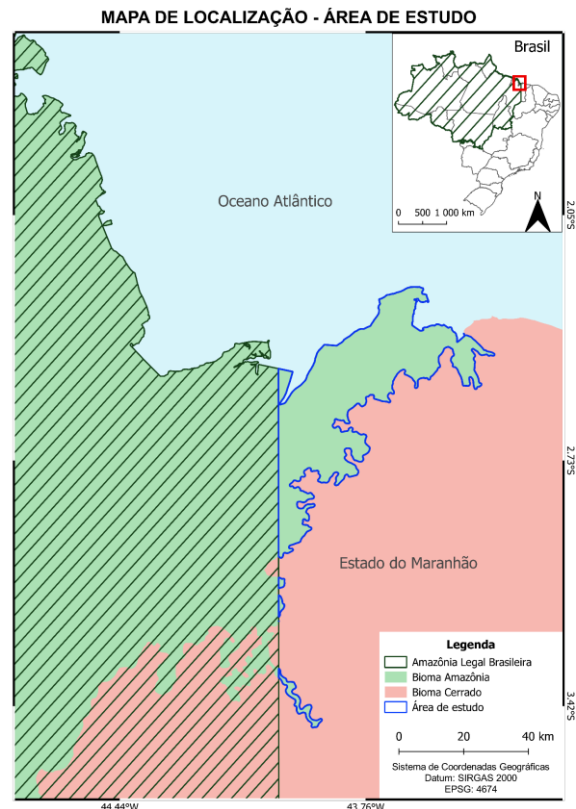


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

Para se obter um recorte da área de interesse para o mapeamento, realizou-se uma operação de diferença entre arquivo vetorial de delimitação do bioma Amazônia e da ALB, por meio do QGIS 3.14.16, um Sistema de Informações Geográficas (SIG) de uso gratuito. O produto obtido foi empregado como área de estudo no desenvolvimento deste trabalho.

Após a definição da área de interesse foi montado um banco de dados no software TerraAmazon<sup>4</sup> (versão 7.3.2), uma ferramenta gratuita de SIG desenvolvida pelo INPE e pela Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE), projetada para ser um editor multiusuário de dados geográficos vetoriais e que possui diversas ferramentas, entre elas as de classificação de uso e cobertura da terra e de operações espaciais entre dados vetoriais (TerraAmazon, 2022). Este banco de dados foi implementado para realizar um mapeamento com as mesmas características do projeto PRODES.

A área de estudo está completamente contida na cena Landsat 220/62. O mapeamento foi feito através da interpretação de imagens dos satélites Landsat-5, Landsat-7, Landsat-8, Liss-3 e Sentinel-2. Essas imagens foram obtidas preferencialmente na estação seca, e com a menor cobertura de nuvens possível. No TerraAmazon foram geradas composições coloridas, nas quais a banda do infravermelho médio foi

<sup>3</sup> <https://www.globalforestwatch.org/>

<sup>4</sup> <http://www.terraamazon.dpi.inpe.br/sobre>



associada ao filtro vermelho, a do infravermelho próximo ao verde e a do vermelho ao filtro azul. As imagens foram realçadas para evidenciar as áreas desmatadas, por meio da aplicação de uma operação de realce de contraste. A Tabela 1 apresenta a lista das 27 imagens utilizadas no mapeamento da série histórica; em anos com elevada cobertura de nuvens foi empregada mais de uma imagem e com diferentes datas para reduzir a área não observada, conforme está descrito na metodologia do PRODES (Almeida et al, 2022a).

Tabela 1: Lista de imagens utilizadas no mapeamento da série histórica de desmatamento, para a cena 220/62.

| Ano  | Satélite / sensor | Data da imagem |
|------|-------------------|----------------|
| 1984 | TM                | 20/06/1984     |
| 1984 | TM                | 08/09/1984     |
| 2000 | TM                | 22/10/2000     |
| 2001 | TM                | 23/09/2001     |
| 2002 | TM                | 02/09/2002     |
| 2003 | TM                | 11/07/2003     |
| 2004 | TM                | 18/11/2004     |
| 2005 | TM                | 02/09/2005     |
| 2006 | TM                | 07/10/2006     |
| 2007 | TM                | 07/08/2007     |
| 2008 | TM                | 10/09/2008     |
| 2009 | TM                | 29/09/2009     |
| 2010 | TM                | 15/08/2010     |
| 2011 | TM                | 05/10/2011     |
| 2012 | LISS-3            | 29/04/2012     |
| 2012 | LISS-3            | 20/09/2012     |
| 2013 | TM                | 20/06/2013     |
| 2014 | TM                | 25/07/2014     |
| 2015 | TM                | 12/07/2015     |
| 2016 | TM                | 30/07/2016     |
| 2017 | TM                | 19/19/2017     |
| 2018 | TM                | 21/08/2018     |

|      |            |            |
|------|------------|------------|
| 2019 | TM         | 09/09/2019 |
| 2020 | TM         | 14/11/2020 |
| 2021 | SENTINEL-2 | 02/08/2021 |
| 2021 | SENTINEL-2 | 02/08/2021 |
| 2021 | SENTINEL-2 | 02/08/2021 |

Foi necessário inicialmente criar máscaras de hidrografia e de não-floresta, visto que as empregadas pelo PRODES também têm como limite o meridiano de 44° W. Na máscara de hidrografia foi delimitada toda a massa d'água visível na imagem Landsat de 1984, de forma visual. Na máscara de não floresta foram delimitadas as áreas constituídas por fitofisionomias naturais não florestais, também por meio da interpretação da imagem de 1984, na qual a vegetação na área de estudo se encontrava em um estágio maior de conservação; foi também utilizado como auxiliar o mapa de vegetação do IBGE na escala 1:250.000. Essas máscaras foram agregadas ao banco de dados de forma não editável e com regras topológicas que impedem que polígonos de desmatamento sejam inseridos sobrepostos a elas. Um resumo do processamento realizado é apresentado na Figura 2.

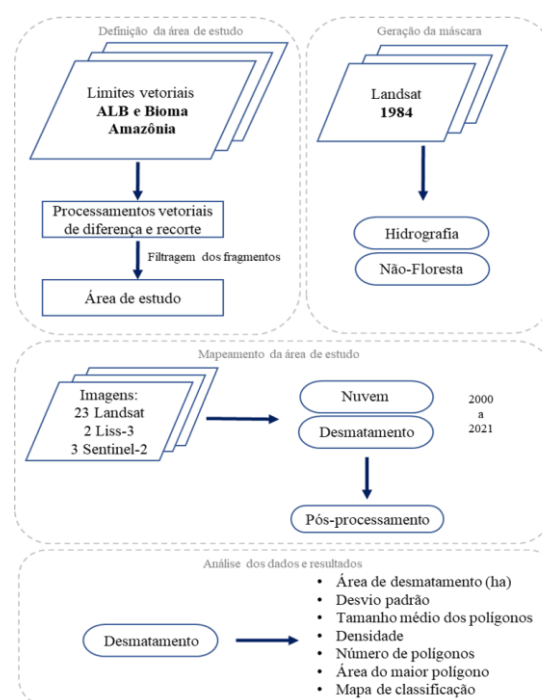


Figura 2: Fluxograma de atividades

Os incrementos de desmatamento foram mapeados através de fotointerpretação, por especialistas que delimitaram os polígonos diretamente na tela do computador. O mapeamento foi realizado em escala entre 1:75.000 e 1:125.000, e foram delimitados os polígonos com área superior a 6,25 ha. Deve-se



destacar que este trabalho realizou o mapeamento do desmatamento em áreas florestais, visto que a supressão no interior da máscara definida como não floresta será detectada pelo projeto “PRODES não floresta”.

Foi inicialmente produzido um mapa base, com todo o desmatamento acumulado até 2000. Este mapeamento foi feito através da comparação das feições na imagem de 2000, em relação à de 1984. A partir de 2001 o mapeamento foi feito de maneira incremental, ou seja, para cada imagem são mapeados os incrementos de desmatamento que ocorreram no intervalo entre a data da imagem de um ano e a data da imagem no ano subsequente. Foram identificados os incrementos entre 2001 e 2021. Além dos polígonos de desmatamento, foram também identificadas as áreas não observadas (nuvens e suas sombras).

Após a finalização do mapeamento, foram realizadas etapas de pós-processamento, que constam na eliminação de polígonos menores que 6,25 ha e correções topológicas no arquivo vetorial obtido. Após exportado o arquivo vetorial, foi realizada a análise dos dados por meio de planilhas eletrônicas do Excel. Foram tabuladas as informações de área de todos os polígonos mapeados em cada ano. Foi calculada a área total dos incrementos anuais, o número de polígonos detectados em cada ano, a densidade, o tamanho médio, o desvio padrão e o polígono com maior área em cada ano da série histórica.

Visando um comparativo com o mapeamento realizado para as demais áreas do estado do Maranhão, todos os parâmetros também foram levantados para as áreas que vêm sendo monitoradas desde 1988 pelo PRODES no estado. O ano de 2008 foi tomado como referência para o início dessa análise pelo fato de que, todo o desmatamento ocorrido antes dessa data, é agregado em um arquivo vetorial único, chamado de “desmatamento acumulado”. Somente a partir de 2008 os polígonos do PRODES são diferenciados pela sua data exata de detecção.

Embora o mapeamento da área adicional do estado do Maranhão siga a mesma metodologia do projeto original, com o intuito de gerar um maior detalhamento aos dados levantados, foi feito o mapeamento individualizado entre os anos de 2000 a 2007. Porém, no intuito da homogeneização da metodologia, os dados deste intervalo temporal serão agregados na máscara de “desmatamento acumulado até 2007” na etapa da divulgação final no TerraBrasilis, tal qual os dados históricos do projeto PRODES.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento realizado na área adicional do estado do MA contou com a colaboração de 13 profissionais, que contribuíram de maneira direta e indireta no

mapeamento e revisão de polígonos, obtendo os seguintes resultados gerais (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados Gerais do Mapeamento.

| Categoria         | Área (ha)  | Total (%) |
|-------------------|------------|-----------|
| Floresta primária | 89.957,05  | 49,65%    |
| Não Floresta      | 17.732,36  | 9,79%     |
| Hidrografia       | 66.955,95  | 36,95%    |
| Desmatamento      | 6.554,63   | 3,62%     |
| Área Total        | 181.199,99 | 100%      |

A classe mais presente no mapeamento foi hidrografia (36,95 %), seguido por não floresta (9,79 %) e, por fim, desmatamento (3,62 %). As áreas remanescentes constituem as florestas primárias, que ocupam 49,65 % da área de interesse. A área de estudo mapeada com as respectivas classes de interpretação está apresentada na Figura 3.

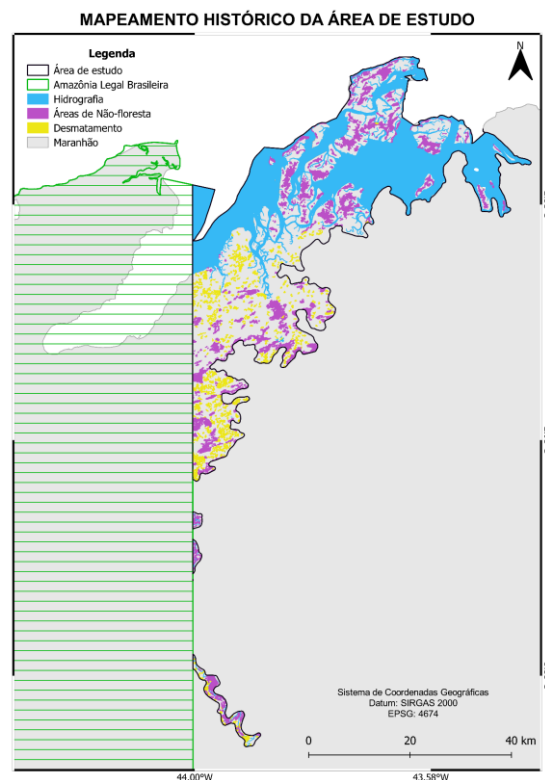


Figura 3: Mapa de classificação resultante da interpretação das imagens históricas na área de estudo. Em amarelo é apresentado o desmatamento, e em roxo e azul as áreas de não-floresta e hidrografia respectivamente.

Por meio dos dados gerados, é possível estimar que a área original de floresta primária na área de estudo era de 96.511,68 ha. Como mostrado na Tabela 2, até 2021 o desmatamento atingiu 6.554,63 ha, portanto,



6,79 % dessas florestas. Esse valor mostra que a área tem ainda um elevado grau de preservação quando comparada ao restante do estado do Maranhão. Messias et al (2021) mostraram que na área do Maranhão a Oeste do meridiano de 44° W, onde o PRODES realiza monitoramento do desmatamento desde o início da sua série histórica, a supressão já atingiu 76,16% das áreas florestais, colocando o estado como um dos mais críticos da Amazônia no que concerne à conservação das suas florestas.

As áreas classificadas como desmatamento, apresentaram em média 33 novos polígonos por ano de mapeamento, de forma geral, com uma pequena variação de tamanho, tendo como área média 8.93ha (Tabela 3), um valor inferior ao encontrado nas demais áreas do estado do MA, 12.30ha (Tabela 4).

As tabelas 3, 4, 5 e 6 trazem informações estatísticas dos polígonos de desmatamento detectados de estudo apresentada neste artigo, e na área do Maranhão a Oeste do meridiano de 44° W (que é desde 1988 monitorada pelo PRODES).

Tabela 3: Área total de desmatamento por ano, desvio padrão e tamanho médio dos polígonos na área adicional do estado do Maranhão - Leste do meridiano de 44° W.

| Ano  | Área (ha) | Desvio Padrão | Tamanho Médio |
|------|-----------|---------------|---------------|
| 2000 | 748,46    | 14,99         | 15,92         |
| 2001 | 73,96     | 2,83          | 7,40          |
| 2002 | 80,08     | 4,09          | 11,44         |
| 2003 | 76,03     | 2,43          | 8,45          |
| 2004 | 319,01    | 4,95          | 9,97          |
| 2005 | 7,02      | 0,00          | 7,02          |
| 2006 | 233,17    | 2,63          | 8,33          |
| 2007 | 69,76     | 0,84          | 6,98          |
| 2008 | 181,20    | 2,17          | 8,24          |
| 2009 | 160,83    | 2,80          | 8,04          |
| 2010 | 309,06    | 6,09          | 9,37          |
| 2011 | 114,30    | 6,10          | 8,79          |
| 2012 | 21,07     | 1,10          | 7,02          |
| 2013 | 71,54     | 2,28          | 6,50          |
| 2014 | 475,16    | 7,28          | 9,50          |
| 2015 | 421,58    | 1,86          | 7,95          |

|             |         |      |      |
|-------------|---------|------|------|
| 2016        | 201,96  | 2,10 | 8,08 |
| 2017        | 491,55  | 2,23 | 8,06 |
| 2018        | 843,21  | 2,36 | 8,27 |
| 2019        | 454,41  | 2,41 | 7,97 |
| 2020        | 738,45  | 5,91 | 8,69 |
| 2021        | 462,83  | 2,87 | 8,42 |
| Total geral | 6554,63 | 5,69 | 8,93 |

Tabela 4: Densidade de desmatamento por ano, número de polígonos e área do maior polígono na área adicional do estado do Maranhão - Leste do meridiano de 44° W.

| Ano  | Densidade | Número de Polígonos | Área do Maior Polígono |
|------|-----------|---------------------|------------------------|
| 2000 | 0,0041    | 47                  | 88,16                  |
| 2001 | 0,0004    | 10                  | 11,31                  |
| 2002 | 0,0004    | 7                   | 18,54                  |
| 2003 | 0,0004    | 9                   | 13,34                  |
| 2004 | 0,0018    | 32                  | 21,66                  |
| 2005 | 0,0000    | 1                   | 7,02                   |
| 2006 | 0,0013    | 28                  | 16,25                  |
| 2007 | 0,0004    | 10                  | 9,15                   |
| 2008 | 0,0010    | 22                  | 15,04                  |
| 2009 | 0,0009    | 20                  | 17,70                  |
| 2010 | 0,0017    | 33                  | 39,55                  |
| 2011 | 0,0006    | 13                  | 26,53                  |
| 2012 | 0,0001    | 3                   | 8,29                   |
| 2013 | 0,0004    | 11                  | 9,14                   |
| 2014 | 0,0026    | 50                  | 56,82                  |
| 2015 | 0,0023    | 53                  | 15,38                  |
| 2016 | 0,0011    | 25                  | 13,56                  |
| 2017 | 0,0027    | 61                  | 18,21                  |
| 2018 | 0,0047    | 102                 | 19,48                  |



|             |        |     |       |
|-------------|--------|-----|-------|
| 2019        | 0,0025 | 57  | 17,46 |
| 2020        | 0,0041 | 85  | 58,09 |
| 2021        | 0,0026 | 55  | 19,47 |
| Total geral | 0,0362 | 734 |       |

Tabela 5: Área total de desmatamento por ano, desvio padrão e tamanho médio dos polígonos na atual área do projeto PRODES no estado do Maranhão - Oeste do meridiano de 44° W.

| Ano                              | Área (ha)     | Desvio Padrão | Média Área (ha) |
|----------------------------------|---------------|---------------|-----------------|
| 2008                             | 139.933,69    | 19,79         | 13,05           |
| 2009                             | 78.552,77     | 30,71         | 12,95           |
| 2010                             | 60.203,95     | 22,29         | 12,94           |
| 2011                             | 37.685,98     | 17,44         | 10,00           |
| 2012                             | 33.485,90     | 22,59         | 12,49           |
| 2013                             | 29.738,90     | 23,64         | 13,74           |
| 2014                             | 28.636,55     | 29,54         | 13,48           |
| 2015                             | 21.741,81     | 15,84         | 6,67            |
| 2016                             | 24.723,81     | 21,27         | 11,17           |
| 2017                             | 27.298,48     | 24,52         | 10,77           |
| 2018                             | 18.325,25     | 17,03         | 11,30           |
| 2019                             | 27.267,98     | 18,95         | 15,20           |
| 2020                             | 31.569,79     | 21,46         | 12,14           |
| 2021                             | 28.132,58     | 31,06         | 18,39           |
| *Desmatamento acumulado até 2007 | 10.428.320,90 | -             | -               |
| Total geral                      | 11.015.618,35 | 22,96         | 12,31           |

Tabela 6: Densidade de desmatamento por ano, número de polígonos e área do maior polígono na atual área do projeto PRODES no estado do Maranhão - Oeste do meridiano de 44° W.

| Ano  | Densidade | Número de Polígonos | Polígono de maior Área |
|------|-----------|---------------------|------------------------|
| 2008 | 0,005     | 10.719              | 550,22                 |
| 2009 | 0,003     | 6.065               | 1.109,44               |

|             |       |        |          |
|-------------|-------|--------|----------|
| 2010        | 0,002 | 4.652  | 530,35   |
| 2011        | 0,001 | 3.768  | 521,12   |
| 2012        | 0,001 | 2.682  | 627,99   |
| 2013        | 0,001 | 2.165  | 613,39   |
| 2014        | 0,001 | 2.125  | 748,97   |
| 2015        | 0,001 | 3.258  | 388,13   |
| 2016        | 0,001 | 2.213  | 589,95   |
| 2017        | 0,001 | 2.534  | 1.043,60 |
| 2018        | 0,001 | 1.621  | 302,00   |
| 2019        | 0,001 | 1.794  | 369,46   |
| 2020        | 0,001 | 2.601  | 488,52   |
| 2021        | 0,001 | 1.530  | 564,48   |
| Total geral | 0,023 | 47.727 | 1.109,44 |

A análise comparativa apontou para uma menor variação do tamanho dos polígonos para a área adicional, com um desvio padrão de 5,69, enquanto a área atual do Maranhão no projeto PRODES, os incrementos desde 2008 apresentaram desvio padrão de 22,96%.

Porém vale ressaltar que no quesito densidade, a área adicional apresentou 0,0362 e a área PRODES 0,023, ou seja, houve uma densidade maior de desmatamento em comparação com a área total mapeada. Isto pode ocorrer porque a área atual de floresta na área do Maranhão a Oeste do meridiano de 44° W corresponde a apenas 23,84 % (Messias et al., 2021), enquanto, na área de interesse deste estudo, as florestas primárias representam ainda 93,21 %, considerando o ano de 2021.

A tendência do desmatamento identificada na região de estudo e comparada com a área do Maranhão já inserida no PRODES, comparando os anos de 2008 a 2021, aponta uma tendências contrárias no desmatamento (Figura 4). Enquanto a tendência do desmatamento mapeado no PRODES na área do Maranhão a Oeste do meridiano de 44° W foi de decréscimo ao longo dos anos, na área adicional deste estudo mostra uma tendência de aumento.

O gráfico ainda mostra a distribuição dos incrementos para a área de estudo deste trabalho apenas a partir de 2008, pois visa a equiparação com os dados da área do Maranhão a Oeste do meridiano de 44° W, que somente são diferenciados pela sua data exata de detecção a partir daquele ano.



Os resultados obtidos por meio deste mapeamento demonstram a importância do monitoramento ambiental da região, que antes não era observada. Por meio dos resultados deste trabalho, constatamos que a área mapeada tem um elevado grau de preservação florestal, porém, o desmatamento atual tem avançado em proporções muito superiores às observadas nas áreas do Maranhão já monitoradas pelo INPE.

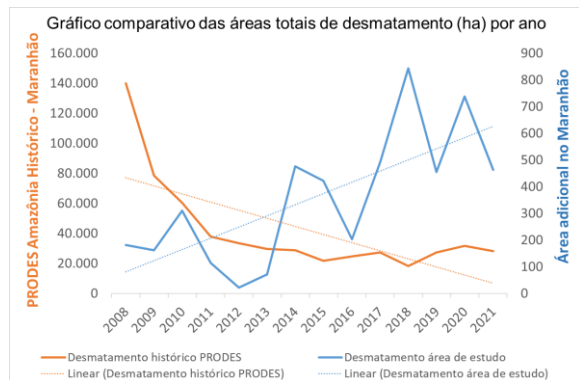


Figura 4: Gráfico comparativo das áreas totais de desmatamento (ha) por ano para a área do projeto PRODES no estado do Maranhão e a área adicional do estado do Maranhão.

A inserção da área mapeada neste trabalho ao Maranhão servirá ainda como suporte para futuros mapeamentos, pois completa a máscara base dos projetos contidos no âmbito do programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros. Por exemplo, o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), que emite avisos de desmatamento e degradação da floresta; TerraClass, que identifica as mudanças de uso e cobertura da terra nas áreas já desmatadas; e PRODES não floresta, que identifica a supressão em áreas não florestais da Amazônia.

### CONCLUSÃO

O mapeamento da área adicional do estado do Maranhão se mostrou eficaz para complementar o dado gerado pelo projeto PRODES. Ao todo, foram mapeados 6.554,63 hectares de desmatamento, que se somarão aos 11.015.618,35 hectares já detectados pelo PRODES no Maranhão a Oeste do meridiano de 44° W. Os dados da área de estudo deste trabalho se mostraram com menor tamanho médio em relação à área dos incrementos após 2008 do Maranhão a Oeste do meridiano de 44° W (8,93 ha vs 12,30 ha) e uma menor variação de tamanho de polígonos (desvio padrão 5,69 vs 22,96).

Nosso estudo mostrou que 93,21 % das florestas eram ainda preservadas na área mapeada neste trabalho em 2021. Verificou-se, porém, uma tendência de crescimento do desmatamento ao longo das duas últimas décadas. Por outro lado, a área do Maranhão já inserida no PRODES tem um comportamento

contrário, mesmo porque, restam apenas 23,84 % de suas florestas.

Os produtos apresentados nesse trabalho servirão como base para os futuros mapeamentos efetuados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, como, por exemplo, o Projeto TerraClass, Projeto DETER-B e o PRODES não floresta.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto “Monitoramento dos Biomas Brasileiros por Satélite – Construção de novas capacidades” (Processo nº 444418/2018-0). Agradecemos à equipe de intérpretes e auditores dos projetos PRODES Amazônia e Cerrado que atuaram no mapeamento e ao CNPq pela concessão de bolsas: Jacqueline Oliveira Santos (380654/2022-9), Danilo Rocco Pettinati (380653/2022-2), Magog Araújo de Carvalho (380379/2022-8), Sandra Benfica dos Santos (380383/2022-5), Camila Barata Quadros (380357/2022-4), Manoel Ribeiro Rodrigues Neto (350127/2022-0), Liliane Cristina Lima de Araujo (380351/2022-6) e Douglas Rafael Vidal de Moraes (380655/2022-5), à Andrea Scheide coordenadora do projeto PRODES Cerrado por auditar a delimitação da máscara de não floresta e ao Fábio Pinheiro, que administrou o banco de dados.

### REFERÊNCIAS

- Ab'Sáber, Aziz Nacib. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Vol. 1. Ateliê editorial, 2003.
- Almeida, C. A., Maurano, L.; Valeriano, D. M., Câmara, G.; Vinhas, L., Motta, M.; Gomes, A. R.; Monteiro, A. M. V.; Souza, A. A. A.; Messias, C. G.; Rennó, C. D.; Adami, M.; Escada, M. I. S.; Soler, L.; Amaral, S. (2022a). *Metodologia utilizada nos projetos PRODES e DETER*. São José dos Campos, INPE.
- Almeida, C. A.; Silva, D. E.; Messias, C. G.; Soler, L.; Gusmão, L.; Maurano, L.; Souza, T.; Soares, I.; Cunha, I. P.; Bastos, E.; Belluzo, A.; Quadros, C.; Pechini, B.; Pinheiro, F.; Silva, L. J. (2022b). Mapping natural non-forest vegetation removal in the Brazilian Amazon - a pilot project. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B3-2022. Disponível em: [10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2022-1341-2022](https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2022-1341-2022)
- F. G. Assis, L. F., Ferreira, K. R., Vinhas, L., Maurano, L., Almeida, C., Carvalho, A., Rodrigues, J., Maciel, A., & Camargo, C. (2019). TerraBrasilis: A Spatial Data Analytics Infrastructure for Large-Scale Thematic



- Mapping. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(11), 513.  
<https://doi.org/10.3390/ijgi8110513>
- Fearnside, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.
- IBGE. (2011). Geoestatística de Recursos Naturais da Amazônia Legal. In *Produção da Pecuária Municipal* (Vol. 39).
- IBGE. (2019). Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000. In *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (Vol. 45, Issue 1).
- INPE. (2022). Nota Técnica - Consolidado PRODES 2021. Disponível em:  
[https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/nota-tecnica-prodes/NotaTecnica\\_consolidado\\_PRODES\\_2021\\_rev.pdf](https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/nota-tecnica-prodes/NotaTecnica_consolidado_PRODES_2021_rev.pdf)
- Maurano, L. E. P., Almeida, C. A. de, & Meira, M. B. (2019). Monitoramento do Desmatamento do Cerrado Brasileiro por Satélite – PRODES Cerrado. *Anais Do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 191–194.  
<http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/09.06.13.25/doc/97341.pdf>
- Messias, C. G., Silva, D. E., Brasil, M., Lima, T. C. De, & Almeida, C. A. (2021). Análise Das Taxas De Desmatamento E Seus Fatores Associados Na Amazônia Legal Brasileira Nas Últimas Três Décadas. *Raega - O Espaço Geográfico Em Análise*, 52(0), 18–41.  
Disponível em:  
<https://doi.org/10.5380/raega.v52i0.74087>
- Porto-Gonçalves, C. W. Amazônia enquanto acumulação desigual de tempos: uma contribuição para a ecologia política da região. *Ver. Crítica de Ciên. Soc.*, v. 107, 2015.
- Tardin, A. T., Lee, D. C. L., Santos, R. J. R., Assis, O. R. de, Barbosa, M. P. dos S., Moreira, M. de L., Pereira, M. T., Silva, D., & Filho, C. P. dos S. (1980). *Subprojeto do desmatamento. Convênio IBDF/CNPq-INPE 1979* (pp. 1–50).