



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CAMPUS VII - CODÓ/MA

CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS LCN-BIOLOGIA

ADENILSON DE ANDRADE CAMPOS

**EVOLUÇÃO NA COBERTURA DO SOLO E DESMATAMENTO NO MUNICÍPIO
DE TIMBIRAS, MARANHÃO, ENTRE 2014 A 2018: Classificação a partir de imagens
Landsat 8**

**Codó, MA
2019**

ADENILSON DE ANDRADE CAMPOS

**EVOLUÇÃO NA COBERTURA DO SOLO E DESMATAMENTO NO MUNICÍPIO
DE TIMBIRAS, MARANHÃO, ENTRE 2014 A 2018: Classificação a partir de imagens
Landsat 8**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Naturais - Biologia, do Campus VII da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para a obtenção do grau de Licenciado em Ciências Naturais com Habilitação em Biologia, sob orientação do Prof. Me. Diego Sousa Campos.

**Codó, MA
2019**

C0e CAMPOS, ADENILSON DE ANDRADE

EVOLUÇÃO NA COBERTURA DO SOLO E DESMATAMENTO NO MUNICÍPIO DE TIMBIRAS, MARANHÃO, ENTRE 2014 A 2018: Classificação a partir de imagens Landsat 8 / ADENILSON DE ANDRADE CAMPOS. — Codó: Universidade Federal do Maranhão – UFMA, 2019.

22f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais – Biologia) — Universidade Federal do Maranhão – UFMA: Codó, 2019.

Orientador: Prof. Me. DIEGO SOUSA CAMPOS

1. Sensoriamento remoto. 2. Índices de vegetação. 3. Desmatamento. 4. Cobertura do solo. I. Título.

CDU 37.015:57

ADENILSON DE ANDRADE CAMPOS

**EVOLUÇÃO NA COBERTURA DO SOLO E DESMATAMENTO NO MUNICÍPIO
DE TIMBIRAS, MARANHÃO, ENTRE 2014 A 2018: Classificação a partir de imagens
Landsat 8**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Naturais -
Biologia, do Campus VII da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para a
obtenção do grau de Licenciado em Ciências Naturais com Habilitação em Biologia.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Me. Diego Sousa Campos – UFMA – Campus VII
Orientador

Prof. Dr. Dilmar Kistemacher – UFMA – Campus VII

Prof. Werton Francisco Nobre Silva - SEDUC Caxias/MA e Fundação Coelho Neto - FECON

APROVADA EM ____/____/____

*“Dedico este trabalho a Deus e a toda minha
família e amigos.”*

AGRADECIMENTOS

Agradeço de forma solene ao nosso grandioso Deus por sempre estar me guiando em todos os momentos e por me proteger dos perigos escondidos ao “longo da estrada”;

A toda minha Família, em especial aos meus pais, Antonio Lima Campos e Maria Antonia de Andrade Campos, por fazerem da minha casa minha primeira escola e pela motivação que me deram ao longo desses anos;

A todos os meus amigos e colegas de dentro e fora da Universidade que eu tive a enorme satisfação em compartilhar momentos ímpares, quero aqui destacar meus companheiros e amigos de viagens e estudos, Isaias Sousa da Silva, Gleymisson Bastos da Silva e Pablo Rahonne Sousa Silva, que viveram de perto esse capítulo da minha vida;

Aos meus Professores, representados pelo meu orientador Prof. Me. Diego Sousa Campos pelo belíssimo trabalho que construímos e pelo Prof. Dr. Dilmar Kistemacher que sempre teve a preocupação em nos alertar no uso de acessório de segurança (capacete) e por sempre tirar um tempinho para conversar, nos motivando sempre a vencer;

A todo o corpo docente e administrativo que compõem a Universidade Federal do Maranhão – Campus VII, que sempre contribuíram para o bom andamento dessa casa;

Agradeço de modo especial ao Centro Vocacional Paulo VI, em Coroatá, pela belíssima experiência que vivi ao lado de pessoas especiais;

A todos aqueles que, de alguma forma, fizeram parte desta jornada e contribuíram por esta conquista na minha vida.

RESUMO

Este estudo avaliou a variação na cobertura vegetal e desmatamento nos limites do município de Timbiras, Maranhão, entre 2014 a 2018 por meio de técnicas de geoprocessamento com o cálculo dos índices de vegetação NDVI e SAVI. A degradação e a perda de áreas naturais é um dos grandes problemas ambientais oriundos de fatores antrópicos. No Brasil, há um histórico de perda de florestas, e na maior extensão de florestas tropicais e úmidas do país, o desmatamento é um problema difícil de sanar, ainda mais com atualizações importantes no Novo Código Florestal. Ressalta-se a necessidade da produção de dados primários sobre a extensão do desmatamento. O município de Timbiras localizado no leste Maranhense tem uma área de 1.486,58 km², contido totalmente no domínio do bioma Cerrado, com vegetação típica da região, com campos, floresta ombrófila e formações de transição como Babaçu. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 para o cálculo e mapeamento dos índices de vegetação. Os pontos identificados como desmatamento foram validados pela comparação com os dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) e do Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER). Para o NDVI, a série temporal mostrou variação, não significativa entre os anos. No entanto, a foi observada grande variação para os valores mais baixos entre os anos de 2014 e 2015, devido ao incremento de áreas de plantio. O NDVI se comportou mais linear na série temporal analisada, enquanto os valores do SAVI oscilam dentro do intervalo de confiança, revelando maior sensibilidade às alterações na cobertura. O município de Timbiras tem mantido níveis moderados de desmatamento quando comparado com municípios vizinhos, de acordo com os dados obtidos. O incremento de área desmatada para a série temporal analisada foi de 16,3km² ao ano. A maior concentração de novas áreas desmatadas, no entanto, foi nas proximidades da zona urbana num raio de até 10km da sede. Foram também verificados muitos pontos de desmatamento nas proximidades de fragmentos caracterizados como mata ciliar, o que indica que o processo de degradação ainda encontra sustentação na falta de consciência e na baixa ou ineficiente fiscalização.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Índices de Vegetação. Desmatamento. Cobertura do Solo.

ABSTRACT

This study estimated the variation in vegetation cover and deforestation in the limits of the municipality of Timbiras, Maranhão, between 2014 and 2018 by geoprocessing techniques including the calculation of NDVI and SAVI vegetation indexes. Degradation and loss of natural areas are between the major environmental problems arising from anthropic factors. In Brazil, there is a history of forest loss, and in most of the country's tropical and humid forests, deforestation is a difficult problem to solve especially with important updates in the New Forest Code. The demand to produce primary data on the extent of deforestation is emphasized. The municipality of Timbiras located in the eastern Maranhão has an area of 1,486.58 km², totally enclosed in the Cerrado biome domain, with typical vegetation of the region, with fields, ombrophilous forest, and formations of transition like Babassu. Landsat8 satellite images were used to calculate and map vegetation indices. The points identified as deforestation were validated by comparison with data from the Deforestation Monitoring Project in the Legal Amazon by Satellite (PRODES) and the Deforestation Detection System in Real Time (DETER). For the NDVI, the time series showed variation, not significant between the years. However, a great variation was observed for the lowest values between the years 2014 and 2015, due to the increase in planting areas. NDVI behaved more linearly in the time series analyzed, while SAVI values fluctuated within the confidence interval, revealing greater sensitivity to changes in coverage. The municipality of Timbiras has maintained moderate levels of deforestation. The increment of the deforested area for the time series analyzed was 16.3 km² per year. The highest concentration of newly deforested areas, however, was in the nearness of the urban area within a radius of up to 10km from the headquarters. Many points of deforestation were also observed in the proximity of fragments characterized as riparian forest, which indicates that the degradation process still finds support in the lack of consciousness and in the low or inefficient inspection.

Keywords: remote sensing, vegetation indexes, deforestation, land cover.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Área de estudo: Município de Timbiras, Maranhão.	13
Figura 2 Fluxo de etapas do processamento das imagens Landsat8 para a obtenção dos produtos: composições RGB diversas e Índices de Vegetação	14
Figura 3 Variação nos valores dos índices de vegetação na série temporal. As classes aqui são os mesmos valores utilizados nos mapas, correspondendo aos intervalos para cada cor. C1 é o menor intervalo e C5 é o maior. A faixa cinza ao fundo mostra a amplitude dos valores entre o mínimo e o máximo dentro de cada classe	17
Figura 4 Mapas de NDVI para a série temporal 2014 ~ 2018, Timbiras, Maranhão	18
Figura 5 Mapas de SAVI para a série temporal 2014 ~ 2018, Timbiras, Maranhão.....	18
Figura 6 Incremento de área desmatada em km ² na série temporal analisada para o município de Timbiras, Maranhão. Fonte: PRODES	19
Figura 7 Dados do cálculo de incremento de Área Desmatada (km ²) para o município de Timbiras, Maranhão, entre 2013 e 2018.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Características das imagens multiespectrais do satélite Landsat 8. As composições coloridas são geradas pela sobreposição das bandas, de acordo com as características de reflectância do alvo a ser observado. *Bandas utilizadas para o cálculo dos índices de vegetação **14**

Tabela 2 Composições utilizadas para a visualização das classes e interpretação das imagens do satélite Landsat 8. A coluna “Sequência no QGIS” indica a sequência que equivale à composição das bandas Landsat 8 nas ferramentas de processamento do software, considerando o carregamento das bandas 2,3,4,5,6 e 7, que são utilizadas nas rotinas de classificação..... **15**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

NDVI – Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (Inglês)

SAVI – Índice de Vegetação Corrigido para o Solo (Inglês)

OLI – Operacional Terra Imager

QGIS – Quantum GIS

PRODES – Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite

DETER – Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos Específicos	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1. Áreas de Estudo	13
3.2. Aquisição e Processamento digital das Imagens	14
3.3. Dados de Desmatamento	15
3.4. Índices de Vegetação.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. NDVI e SAVI.....	16
4.2. Desmatamento	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
6. REFERÊNCIAS	21

1. INTRODUÇÃO

Dentre os grandes problemas ambientais enfrentados na atualidade, estão a degradação e a perda de áreas naturais, quer sejam elas protegidas por instrumentos legais ou não (MARTINUZZI et al., 2015). Os efeitos desse cenário afetam a vida de vários aspectos, direta e indiretamente, principalmente no que se refere à qualidade dos ambientes e manutenção de recursos, como a qualidade do ar e água (ARIMA et al., 2014), alcançando também a dimensão da saúde pública (ROSA et al., 2009; IGNOTTI et al., 2010). Dentre os diversos fatores antrópicos que contribuem para a degradação dos recursos naturais, destacam-se desmatamento (SOUZA et al., 2013), obras de infraestrutura e expansão de áreas urbanas, industriais e agropecuárias, que resultam em um extenso conjunto de problemas ambientais (VIEIRA et al., 2008; ALHO et al., 2015).

No Brasil, esses efeitos são bem conhecidos, com histórico de perda de florestas em níveis críticos em poucas centenas de anos, como o caso da Mata Atlântica que hoje se restringe a cerca de 16% da área original (ARCPLAN, 2018), enquanto na maior extensão de florestas tropicais e úmidas do país, o desmatamento segue sendo um problema difícil de sanar (HANSEN et al., 2008; SALDANHA et al., 2013; ARIMA et al., 2014), mesmo após vários ciclos de aumento e diminuição no rigor com os licenciamentos de empreendimentos, e ainda mais com o advento de atualizações importantes no principal marco regulatório, conhecido como Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), que trouxe entre as modificações, a possibilidade de redução nas áreas de reserva legal obrigatória nas propriedades rurais quando o Estado contiver unidades de conservação ou reservas indígenas (FREITAS et al., 2018).

Neste cenário, torna-se ainda mais relevante a produção de dados primários e avaliações da extensão, taxa de variação e distribuição dos pontos de desmatamento e demais formas de perda de áreas naturais. Para esse tipo de investigação, uma das formas mais práticas, acessíveis e com um custo-benefício satisfatório é a implementação de projetos de monitoramento por meio de imagens de satélite com sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto consiste na utilização de sensores ativos (como os radares, que emitem a sua radiação e captam a resposta) e passivos (como os sensores imageadores que captam as ondas eletromagnéticas emitidas pelo sol após a reflexão na superfície terrestre) (DEPARTMENT OF THE INTERIOR U.S., 2018).

Os produtos dos sensores podem atender a muitos usos, uma vez que a informação produzida é variável entre os diversos satélites em atividade, como os radares que fornecem

informação de relevo, clima e mesmo os padrões de cobertura da superfície terrestre, como crescimento urbano e desmatamento.

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realiza o monitoramento e mapeamento de desmatamento desde a década de 1970 (CAMARA et al., 2013), e desde 1988 tem a tarefa de desenvolver e operar o cálculo de desmatamento anual em toda a Amazônia Legal por análise de imagens de satélite da missão Landsat. Mais recentemente, o INPE também passou a utilizar as imagens do MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), de alta resolução temporal (passagens pelo mesmo ponto da órbita a cada 1~2 dias) para complementar o diagnóstico de corte raso na vegetação, já que a resolução espacial (tamanho do pixel) do MODIS é inferior, assim é possível associar a sensibilidade dos dois aparelhos (SHIMABUKURO et al., 2006; HANSEN et al., 2008).

Além da informação dos produtos espaciais do INPE, é possível conduzir a análise das características da cobertura vegetal através do processamento de índices de vegetação, como o NDVI (abreviação em Inglês para Índice de Diferença Normalizada da Vegetação), calculado a partir da diferença entre os valores do Infra Vermelho próximo e o Vermelho, que são comprimentos de onda sensíveis à vegetação, porém passíveis de imprecisão por fatores como a presença de água no solo ou mesmo na atmosfera, e o SAVI (HUETE, 1988) (abreviação em Inglês para Índice de Vegetação Corrigido para o Solo), que aplica correções sobre o NDVI e melhora a sensibilidade considerando a densidade da vegetação.

Dada a condição do município de Timbiras, no Maranhão, no limite da Amazônia Legal, situado às margens do rio Itapecuru, este estudo busca avaliar a variação na cobertura vegetal nos limites do município, identificar e quantificar a degradação da vegetação na área definida para estudo em uma abordagem multitemporal para os anos de 2014 a 2018 por meio dos índices de vegetação NDVI e SAVI bem como o desmatamento acumulado no período.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Identificar por meio de sensoriamento remoto e processamento de imagens, os padrões de índices de vegetação no município de Timbiras, entre 2014 e 2018.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterização da série temporal de imagens multiespectrais com a alteração na cobertura
- Quantificar os índices de vegetação na série temporal
- Calcular o desmatamento anual para o município de Timbiras entre 2014 e 2018

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Áreas de Estudo

O município de Timbiras tem população estimada em ± 29.000 hab em 2018 (IBGE, 2018) localizado no leste Maranhense tem uma área de 1.486,58 km², contido totalmente no domínio do bioma Cerrado, com vegetação típica da região, com campos, floresta ombrófila e formações de transição como Babaçu (Figura 1).

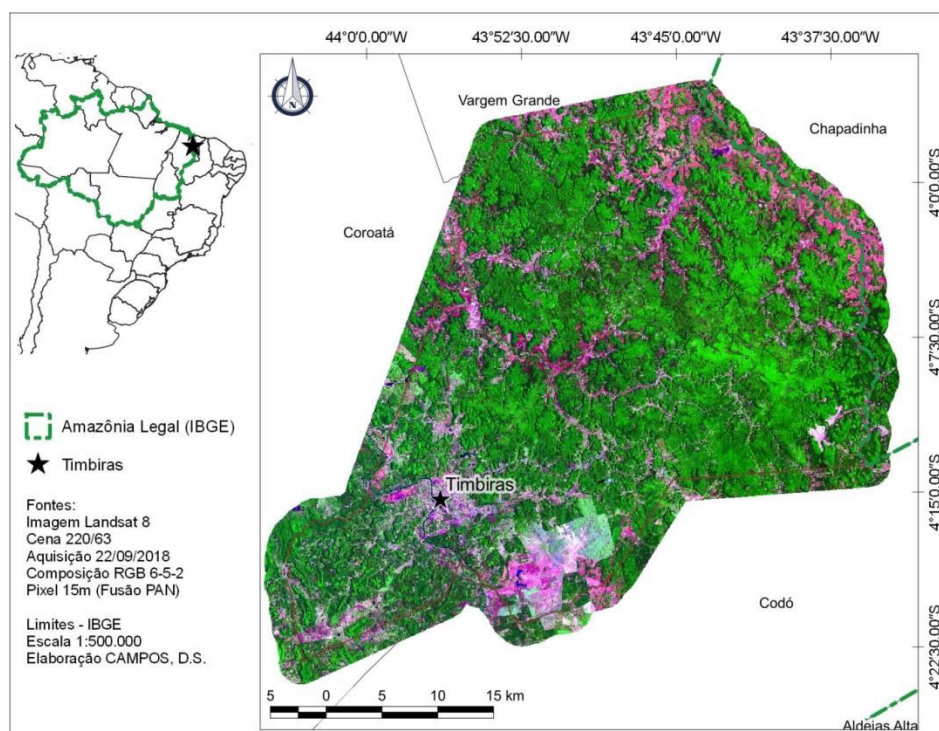


Figura 1 Área de estudo: Município de Timbiras, Maranhão. Fontes: IBGE, Earth Explorer, USGS

3.2. Aquisição e Processamento digital das Imagens

Para o mapeamento, análise e visualização dos índices de vegetação, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI (Operacional Terra Imager), na forma de bandas multiespectrais através do portal Earth Explorer – (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

O pré-processamento das imagens foi todo realizado com as ferramentas do *plugin* Semi Automatic Classification Plugin no software de sistema de informações geográficas QGIS 3.4. As etapas do processamento, desde a seleção das imagens no catálogo seguem o fluxograma da Figura 2. Foram pré-processadas as bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 da Cena 220/63. As características de faixa espectral das bandas do Landsat8 estão na Tabela 1.

Foram geradas as composições coloridas para a visualização e validação dos pontos considerados como corte raso ou desmatamento claro. Nas composições, são utilizadas diferentes ordens de sobreposição das bandas, que produzem “filtros” eficientes para capturar as nuances da superfície, uma vez que os comprimentos de onda refletidos da superfície variam de acordo com as características dos alvos, como vegetação, solo exposto, água, etc (Tabela 2).

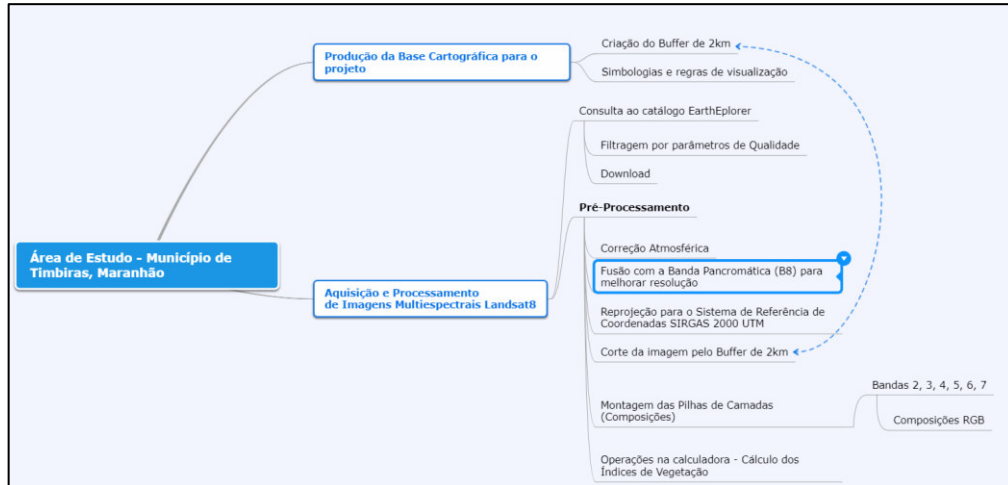


Figura 2 Fluxo de etapas do processamento das imagens Landsat8 para a obtenção dos produtos: composições RGB diversas e Índices de Vegetação. Elaboração: Os autores

Tabela 1 Características das imagens multiespectrais do satélite Landsat 8. As composições coloridas são geradas pela sobreposição das bandas, de acordo com as características de reflectância do alvo a ser observado. *Bandas utilizadas para o cálculo dos índices de vegetação. Fonte: USGS – Landsat 8

Bandas	Largura de banda (µm)	Largura do Pixel (m)
Banda 1 Aerossol Costeiro	0,43 – 0,45	30
Banda 2 Blue*	0,45 – 0,51	30
Banda 3 Green*	0,53 – 0,59	30

Bandas	Largura de banda (μm)	Largura do Pixel (m)
Banda 4 Red*	0,64 – 0,67	30
Banda 5 NIR*	0,85 – 0,88	30
Banda 6 SWIR 1	1,57 – 1,65	30
Banda 7 SWIR 2	2,11 – 2,29	30
Banda 8 Pan	0,50 – 0,68	15
Banda 9 Cirrus	1,36 – 1,38	30
Banda 10 TIRS 1	10,6 – 11,19	100
Banda 11 TIRS 2	11,5 – 12,51	100

Tabela 2 Composições utilizadas para a visualização das classes e interpretação das imagens do satélite Landsat 8. A coluna “Sequência no QGIS” indica a sequência que equivale à composição das bandas Landsat 8 nas ferramentas de processamento do software, considerando o carregamento das bandas 2,3,4,5,6 e 7, que são utilizadas nas rotinas de classificação.

Composição/Indicação Alvo	Sequência de Bandas Landsat 8	Sequência no QGIS		
Cor natural	4 3 2	3	2	1
Falsa cor (urbano)	7 6 4	6	5	3
Cor infravermelho (vegetação)	5 4 3	4	3	2
Agricultura	6 5 2	5	4	1
Penetração atmosférica	7 6 5	6	5	4
Vegetação saudável	5 6 2	4	5	1
Terra/água	5 6 4	4	5	3
Natural com remoção atmosférica	7 5 3	3	4	2
Infravermelho de ondas curta	7 5 4	6	4	3
Análise de vegetação	6 5 4	5	4	3
Queimadura de floresta	7 5 2	6	4	1
Solo desnudo	6 3 2	5	2	1

3.3. Dados de Desmatamento

Os pontos que identificamos como desmatamento foram validados pela comparação com as estimativas realizadas no âmbito do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) (CAMARA et al., 2013) e do Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), reunidos no Projeto Monitoramento Cerrado, conduzido pela Coordenação de Observação da Terra, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os valores computados de incremento de área desmatada são disponibilizados através do portal TerraBrasilis (<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/dashboard/deforestation/biomes/cerrado/increments/>) de maneira agregada por estados ou por biomas.

Os valores de incremento anual de área desmatada foram tabulados e analisados no software Tableau 2018.3.

3.4. Índices de Vegetação

Foram calculados os índices de vegetação para todas as imagens da série temporal 2014-2018. O índice NDVI cujos valores variam entre -1 e +1, onde -1 é a ausência de vegetação, e +1 equivale a vegetação muito densa, é resultante da operação de subtração entre Infravermelho Próximo e Vermelho, dividida pela soma das mesmas duas bandas, como descrita na equação:

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED)$$

O índice SAVI é uma derivação do NDVI, com o implemento de um fator de correção que trata principalmente do ruídos gerados pela presença de umidade no solo ou em outros alvos intermediários, como a própria atmosfera (HUETE, 1988). O fator de correção “L” tem valores de 1,0 para áreas com pouca cobertura vegetal; 0,5 para densidades intermediárias (utilizado neste estudo); e 0,25 para vegetação densa:

$$SAVI = \left[\frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)} \right] * (1 + L)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. NDVI e SAVI

Para o NDVI, a série temporal mostrou uma variação discreta, embora não significativa entre os anos para nenhuma das classes de valores. No entanto, a única diferença notável foi observada para a classe de valores mais baixos, justamente a mais sensível à ausência de cobertura do solo, quando tomados os valores de 2014 e 2015. Esse valor que difere do comportamento do restante da série deve-se ao incremento de algumas áreas de plantio, que aparecem como uma mancha de vermelho vivo na imagem de 2015. Observa-se também que o NDVI se comporta de maneira mais linear na série temporal analisada, enquanto os valores do SAVI oscilam dentro do intervalo de confiança, ainda assim, revelando maior sensibilidade às alterações na cobertura (Figura 3).

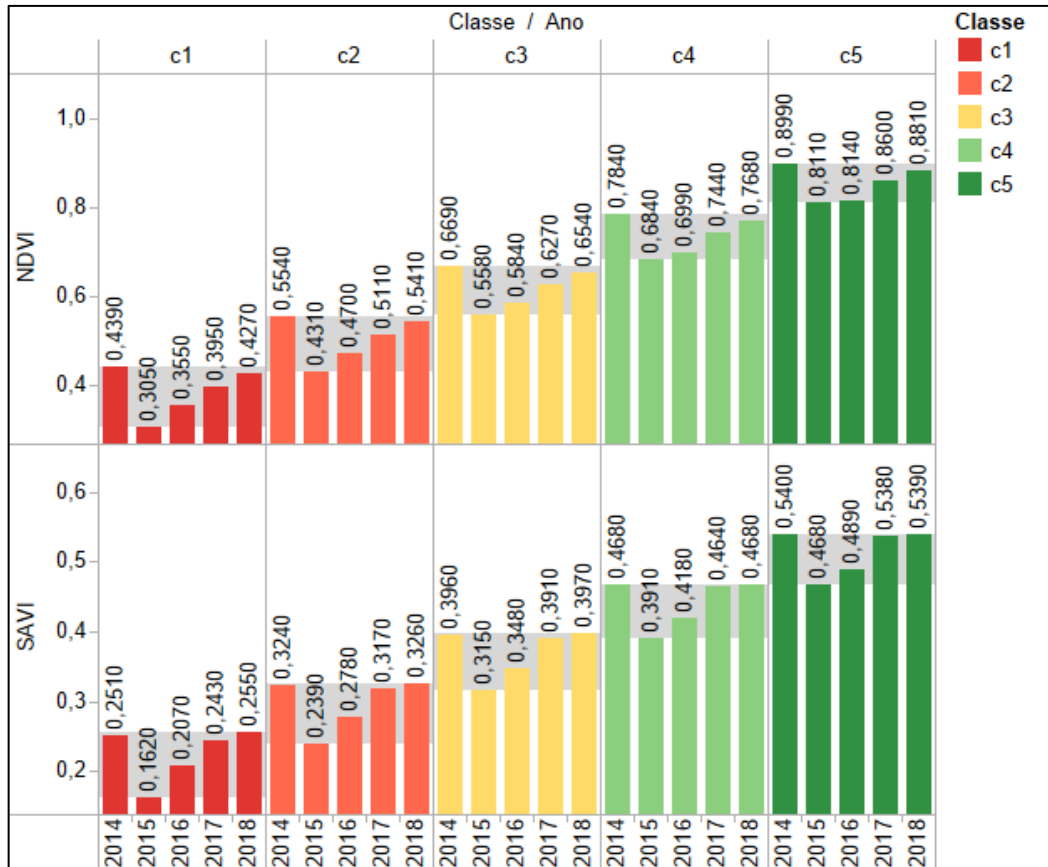


Figura 3 Variação nos valores dos índices de vegetação na série temporal. As classes aqui são os mesmos valores utilizados nos mapas, correspondendo aos intervalos para cada cor. C1 é o menor intervalo e C5 é o maior. A faixa cinza ao fundo mostra a amplitude dos valores entre o mínimo e o máximo dentro de cada classe. Elaboração: Os autores

O que pode ser verificado a partir dos padrões de evolução da cobertura do solo na área de estudo, é que houve o predomínio de pequenos pontos de desmatamento bastante dispersos, e apenas alguns poucos de extensões mais consideráveis, principalmente a expansão de áreas que foram identificadas como áreas antrópicas agrícolas do tipo lavoura temporária (Figuras 4 e 5).

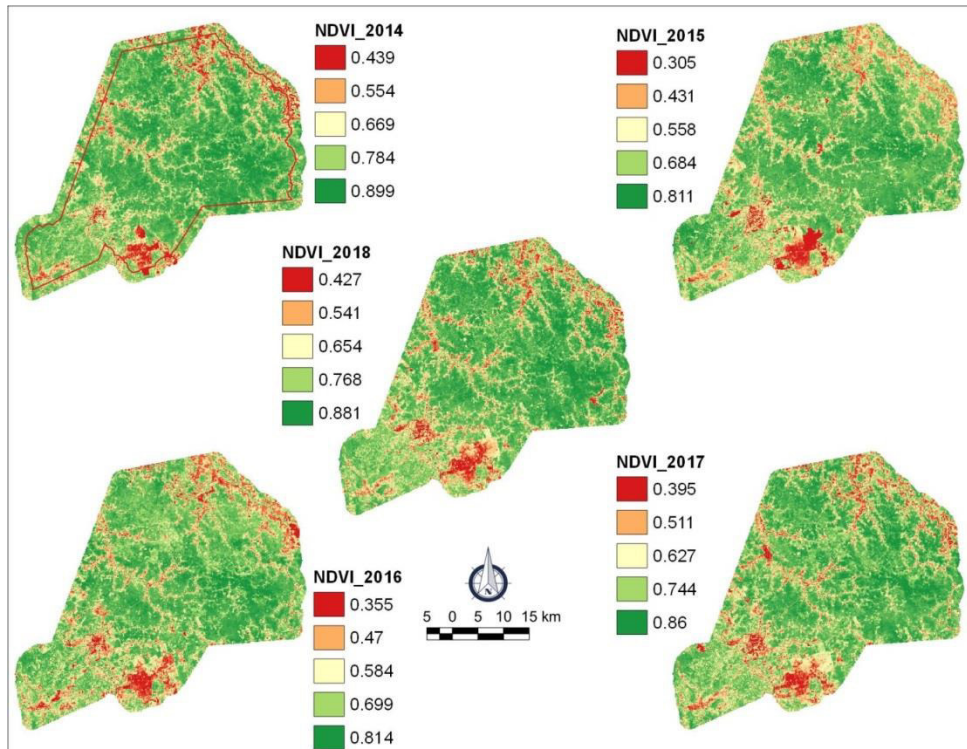


Figura 4 Mapas de NDVI para a série temporal 2014 ~ 2018, Timbiras, Maranhão. Elaboração: Os autores

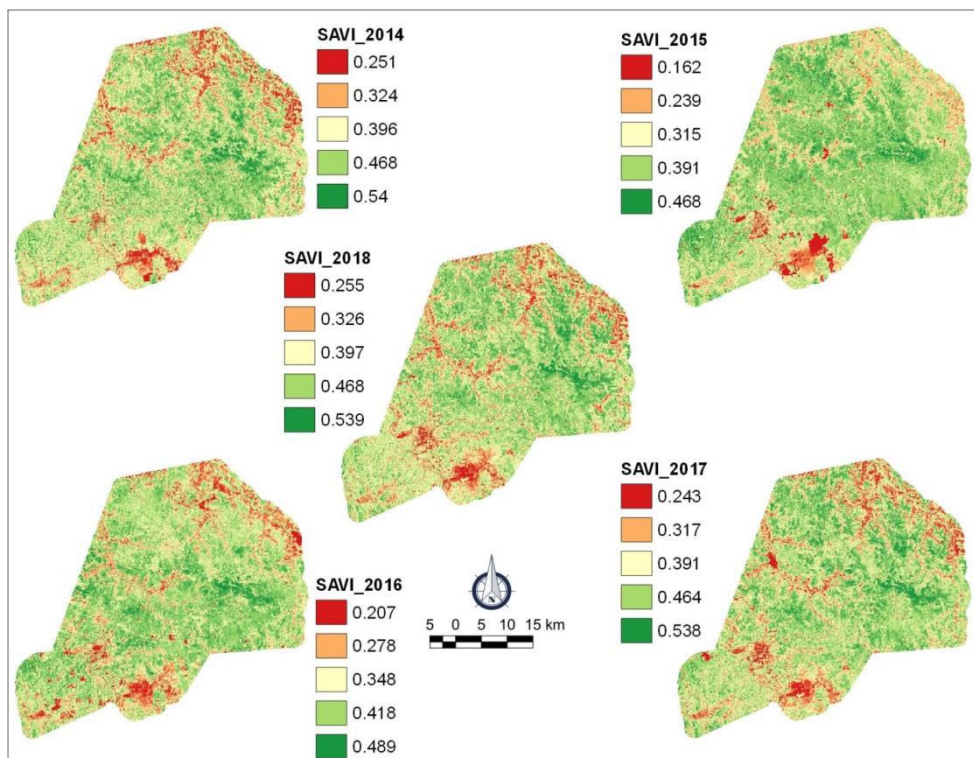


Figura 5 Mapas de SAVI para a série temporal 2014 ~ 2018, Timbiras, Maranhão. Elaboração: Os autores

4.2. Desmatamento

De acordo com a análise dos dados de incremento de área desmatada validados para a área de estudo, verifica-se que no município de Timbiras o desmatamento tem mantido patamares considerados moderados quando considerado em comparação com municípios vizinhos no mesmo domínio, no entanto, considerando-se a área do município, mesmo pequenos acréscimos tem um impacto aumentado, principalmente pela ausência de qualquer iniciativa de recuperação, que não faz parte da cultura regional.

O incremento de área desmatada para a série temporal analisada foi de 16,3km² ao ano. A maior concentração de novas áreas desmatadas, no entanto, foi nas proximidades da zona urbana num raio de até 10km da sede (Figura 6). Foram também verificados muitos pontos de desmatamento nas proximidades de fragmentos caracterizados como mata ciliar, o que indica que o processo de degradação ainda encontra sustentação na falta de consciência e na baixa ou ineficiente fiscalização.

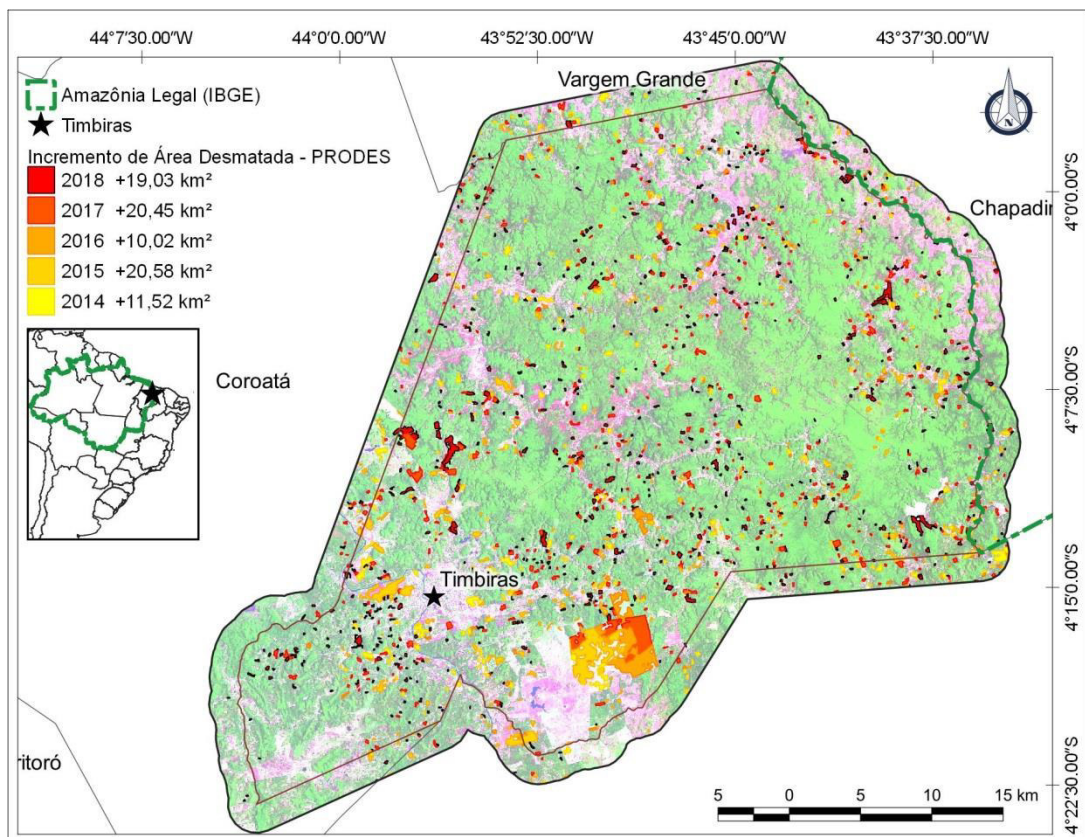


Figura 6 Incremento de área desmatada em km² na série temporal analisada para o município de Timbiras, Maranhão. Fonte: PRODES

O município de Timbiras apresentou taxas de incremento de área desmatada que podem ser considerados modestos, quando comparados com a de municípios vizinhos, como Codó, Chapadinha e Coroatá, para o mesmo período. Tomando apenas o ano de 2018, Codó aumentou a área desmatada em mais de 2,5 vezes a área desmatada em Timbiras.

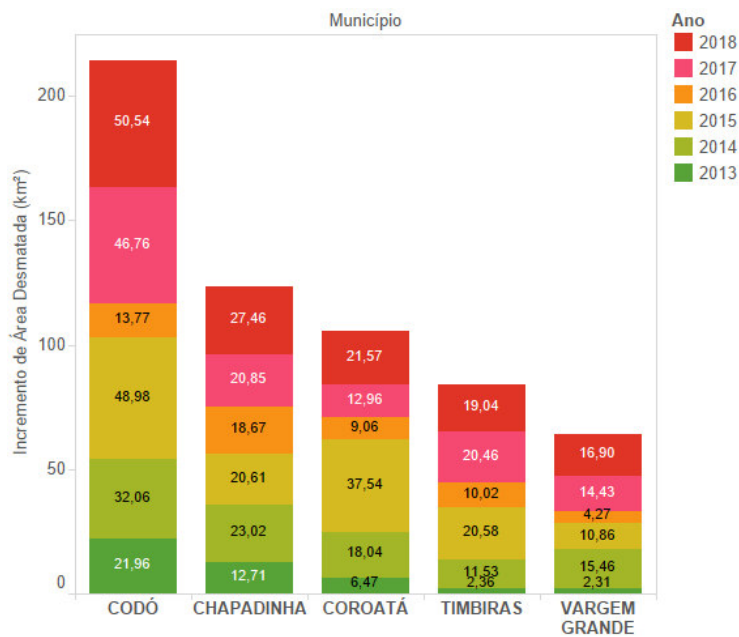


Figura 7 Dados do cálculo de incremento de Área Desmatada (km²) para o município de Timbiras, Maranhão, entre 2013 e 2018.

O avanço na ocupação de áreas sensíveis como as florestas tropicais é um caminho já traçado, que com a expansão das indústrias de gado e soja na superbaía amazônica, nos estados do Norte e Nordeste que se situam na transição entre esse domínio e o Cerrado, aumentou as taxas de desmatamento e tende a impulsionar ainda mais conforme o desempenho produtivo acelere ou a necessidade de novas áreas e empreendimentos logísticos exija (SOARES-FILHO et al., 2006).

Diante dessa crescente pressão, uma estratégia abrangente de conservação para a região como um todo deve proteger suas bacias hidrográficas, toda a gama de espécies e diversidade de ecossistemas e a estabilidade dos climas regionais. Daí a importância de se definir a bacia hidrográfica como unidade de gestão, planejamento e ação.

A se manter o ritmo atual, e considerando-se os cenários mais danosos para a região como um todo, considerando o avanço no desmatamento, até 2050, as tendências atuais na

expansão agrícola eliminarão um total de 40% das florestas da Amazônia, incluindo pelo menos dois terços da cobertura florestal de seis grandes bacias hidrográficas e 12 ecorregiões (SOARES-FILHO et al., 2006). A expansão das pressões de mercado para o bom gerenciamento da terra e a prevenção do desmatamento em terras impróprias para a agricultura são ingredientes essenciais de uma estratégia para a conservação abrangente (SOARES-FILHO et al., 2006).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os valores de perda de vegetação observados para a série temporal analisada no município de Timbiras sejam moderados, não se pode ignorar o efeito multiplicador de danos ao ambiente causados pela fragmentação. As perdas de vegetação em uma área tão próxima ao leito do rio Itapecuru, que tem uma importância biogeográfica muito acentuada, por estar inserida o ecótono dos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, local de interesse para a história natural de inúmeras espécies, é sempre grave.

Os índices de vegetação conseguem captar a alteração na paisagem de forma sensível, com destaque para o SAVI, que desconta o efeito da umidade residual na camada superior do solo e da atmosfera, e, portanto identifica melhor os ruídos da abertura de novas áreas.

6. REFERÊNCIAS

ALHO, C. J. R.; REIS, R. E.; AQUINO, P. P. U. Amazonian freshwater habitats experiencing environmental and socioeconomic threats affecting subsistence fisheries. *Ambio*, v. 44, n. 5, p. 412–425, 2015.

ARCPLAN. **Atlas Dos Remanescentes Florestais Da Mata Atlântica Período 2016-2017 Relatório Técnico Patrocínio Execução Técnica**. São Paulo, 2018.

ARIMA, E. Y.; BARRETO, P.; ARAÚJO, E.; SOARES-FILHO, B. Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. *Land Use Policy*, v. 41, p. 465–473, 2014.

BRASIL. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. “Novo Código Florestal” - Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. , 2012.

CAMARA, G.; VALERIANO, D.; VIANEI, J. **Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal**. 2013.

DEPARTMENT OF THE INTERIOR U.S. Landsat 8 Data Users Handbook. , 2018.

- FREITAS, F. L. M.; SPAROVEK, G.; BERNDES, G.; et al. Potential increase of legal deforestation in Brazilian Amazon after Forest Act revision. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 11, p. 665–670, 2018.
- HANSEN, M. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; POTAPOV, P.; PITTMAN, K. Comparing annual MODIS and PRODES forest cover change data for advancing monitoring of Brazilian forest cover. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p. 3784–3793, 2008.
- HUETE, A. . A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295–309, 1988.
- IBGE. Timbiras. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/timbiras/panorama>>. Acesso em: 15/12/2018.
- IGNOTTI, E.; VALENTE, J. G.; LONGO, K. M.; et al. Impact on human health of particulate matter emitted from burnings in the Brazilian Amazon region. **Revista de Saúde Pública**, v. 44, n. 1, p. 121–130, 2010.
- MARTINUZZI, S.; WITHEY, J. C.; PIDGEON, A. M.; et al. Future land-use scenarios and the loss of wildlife habitats in the southeastern United States. **Ecological Applications**, v. 25, n. 1, p. 160–171, 2015.
- ROSA, A. M.; HACON, S. S.; IGNOTTI, E. Hospitalization of children for asthma in the Brazilian Amazon : trend and spatial distribution. , v. 85, n. 6, p. 541–546, 2009.
- SALDANHA, S.; VASCONCELOS, D.; MARTIN, P.; et al. Remote Sensing of Environment Variability of vegetation fires with rain and deforestation in Brazil ' s state of Amazonas. **Remote Sensing of Environment**, v. 136, p. 199–209, 2013.
- SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; ANDERSON, L. O.; et al. Near real time detection of deforestation in the Brazilian Amazon using MODIS imagery Detecção em tempo quase real de desflorestamento na Amazônia brasileira utilizando imagens MODIS. **Revista Ambiente & Água**, v. 1, n. 12, p. 37–47, 2006.
- SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L. M.; et al. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 440, n. 7083, p. 520–523, 2006.
- SOUZA, C. M.; SIQUEIRA, J. V.; SALES, M. H.; et al. Ten-year landsat classification of deforestation and forest degradation in the brazilian amazon. **Remote Sensing**, v. 5, n. 11, p. 5493–5513, 2013.
- VIEIRA, I.; TOLEDO, P.; SILVA, J.; HIGUCHI, H. Deforestation and threats to the biodiversity of Amazonia. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4 suppl, p. 949–956, 2008.