

Análise espaço-temporal da cobertura do solo do Município de Theobroma, Estado de Rondônia, Brasil

Carlos Henrique dos Santos Zebalos¹, Raquel Faria Araújo Oliveira², Edimar Rodrigues Soares³, Ueliton Oliveira de Almeida⁴, Raquel Carnivale Silva Melillo⁵, Edson Rodrigues Cavalcante⁶ e João Wesley Rezende⁷

¹Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA). Curso de Graduação em Agronomia. Av. Machadinho, 4.349, St. 6. Ariquemes-RO, Brasil (CEP 76875-547).

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia. Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. *Campus* Ariquemes. Rodovia RO-257, S/Nº. Zona Rural. Ariquemes-RO, Brasil (CEP 76870-000).

³Faculdade Quirinópolis. Av. Quirino Cândido de Morães, 38. Centro. Quirinópolis-GO, Brasil (CEP 75860-000). E-mail: soares-agro@hotmail.com.

⁴Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Acre (IDAF). Rodovia AC-040, S/Nº. Vila da Amizade. Rio Branco-AC, Brasil (CEP 69909-642).

⁵Centro Universitário Padre Anchieta (UniAnchieta). Rua Bom Jesus de Pirapora, 100/140. Centro. Jundiá-SP, Brasil (CEP 13207-270).

⁶Universidade Federal do Piauí (UFPI). *Campus* Universitário Ministro Petrônio Portella. Ininga. Teresina-PI, Brasil (CEP-64049-550).

⁷Faculdade Quirinópolis. Centro de Ensino Superior do Sudoeste Goiano. Curso de Graduação em Agronomia. Av. Quirino Cândido de Morães, 38. Centro. Quirinópolis-GO, Brasil (CEP 75860-000).

Resumo. A cobertura vegetal é essencial para o equilíbrio do meio ambiente e proteção dos solos. A supressão da vegetação nativa para conversão em lavouras e pastagens põe em risco esse delicado sistema. Neste cenário, a manutenção de altos índices de cobertura vegetal fotossinteticamente ativa durante todo o ano é essencial para a qualidade edáfica. Com a finalidade de monitorar a superfície terrestre, o sensoriamento remoto dispõe de inúmeras técnicas com diferentes graus de sofisticação, este trabalho utiliza-se do sensoriamento por meio da técnica de monitoramento do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para avaliar a dinâmica temporal da cobertura vegetal no Município de Theobroma, localizado no Leste Rondoniense. O trabalho avaliou cinco classes de cobertura do solo: corpos hídricos, solo exposto, vegetação rala, vegetação esparsa e vegetação densa. Os resultados obtidos demonstram que entre os anos de 2015 a 2020 Theobroma perdeu áreas de vegetação florestal à medida que as áreas agrícolas em estado de degradação aumentaram, representando no ano 2020

Recebido
16/02/2022

Aceito
29/04/2022

Publicado
30/04/2022



Acesso aberto

aproximadamente 70% de toda área agricultável. Isso demonstra a urgência de ações que resultem na diminuição do desmatamento e da degradação das áreas de pastagem e que contribuam para a sustentabilidade dos sistemas produtivos no Município de Theobroma, Estado de Rondônia, Brasil.

Palavras-chave: Cobertura vegetal; Sensoriamento remoto; NDVI.

Abstract. *Space-temporal analysis of soil coverage in the Municipality of Theobroma, State of Rondônia, Brazil.*

Vegetation cover is essential for the balance of the environment and soil protection. The suppression of native vegetation for conversion to crops and pastures puts this delicate system at risk. In this scenario, the maintenance of high levels of photosynthetically active vegetation cover throughout the year is essential for edaphic quality. In order to monitor the earth's surface, remote sensing has numerous techniques with different degrees of sophistication, this work uses sensing through the Vegetation Index by Normalized Difference (NDVI) monitoring technique to assess the temporal dynamics of vegetation cover in the Municipality of Theobroma, located in Eastern of State of Rondônia, Brazil. The work evaluated five classes of land cover: water bodies, exposed soil, sparse vegetation, sparse vegetation and dense vegetation. The results obtained demonstrate that between the years 2015 to 2020 Theobroma lost areas of forest vegetation as the agricultural areas in a state of degradation increased, representing in the year 2020 approximately 70% of all arable land. This demonstrates the urgency of actions that result in the reduction of deforestation and degradation of pasture areas and that contribute to the sustainability of production systems in the Municipality of Theobroma, State of Rondônia, Brazil.

Keywords: Vegetal cover; Remote sensing; NDVI.



ORCID

-  0000-0002-0491-1157
Carlos Henrique dos Santos Zebalos
-  0000-0001-9694-6551
Raquel Faria Araújo Oliveira
-  0000-0002-3895-0234
Edimar Rodrigues Soares
-  0000-0003-0183-9820
Ueliton Oliveira de Almeida
-  0000-0002-9512-1387
Raquel Carnivale Silva Melillo
-  0000-0002-0277-8022
Edson Rodrigues Cavalcante
-  0000-0003-2696-8063
João Wesley Rezende

Introdução

O papel desempenhado pelas plantas na cobertura do solo é fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas. A intervenção humana neste delicado arranjo provoca alterações dos ciclos biogeoquímicos terrestres. Grande parte das modificações na cobertura vegetal é ocasionada pela conversão de florestas em áreas agrícolas. Este processo em excesso, ou quando não realizado com as técnicas adequadas, impacta no balanço de radiação e nas emissões de CO₂, acarretando mudanças climáticas. Contudo, o primeiro sinal de deterioração da cobertura vegetal é observado no solo (Muller et al., 2001; Xaud, 2017).

Além de contribuir para a preservação do solo, a vegetação tem a capacidade de exercer sobre o solo o poder de uma camada de proteção contra os efeitos climáticos, em especial contra a chuva, a qual atua como um forte agente erosivo em solo exposto. O impacto das gotas é capaz de desprender as partículas do solo, enquanto o escoamento superficial promove o arreste destas. A presença de vegetais aumenta a resistência ao

impacto das gotas e torna o solo irregular, o que diminui a velocidade de escoamento, reduzindo o processo erosivo e aumentando a infiltração da água (Carvalho et al., 2009; Lima et al., 2015).

Zonas caracterizadas por fortes chuvas e grandes áreas de floresta desmatada são propensas à erosão e, portanto, à degradação do solo. Este é o caso do Estado de Rondônia, palco de diversas mudanças no uso e ocupação do solo, marcadas pelas políticas de desenvolvimento territorial baseadas na ocupação e supressão da vegetação nativa (Lense et al., 2021).

Neste cenário, o sensoriamento remoto atua como um importante instrumento no estudo espaço-temporal e monitoramento e da superfície do planeta, o baixo custo, rapidez e capacidade de avaliação de áreas extensas tornam este conjunto de técnicas indispensáveis para análise da cobertura do solo (Xavier-Brasil et al., 2021).

O sensoriamento remoto dispõe de técnicas com diversos níveis de sofisticação, as quais permitem a obtenção de informações a partir das assinaturas espectrais dos objetos em estudo. A análise das superfícies terrestres é um campo amplamente explorado através do sensoriamento por meio de satélites, visto que, cada cobertura sobre o solo possui sua própria marca radiométrica, o que possibilita estudos espaciais e temporais através dos dados quantitativos detectados por sensores remotos, tais dados, são utilizados na estimativa de indicadores físicos, químicos e biológicos (Gaida et al., 2020).

Diversos pesquisadores a nível mundial têm utilizado esta tecnologia para analisar as mudanças ocorridas na cobertura dos solos e seus impactos no ambiente (Frolking et al., 2017; Kharazmi et al., 2018; Song et al., 2020).

Por exemplo, Alves e Péres-Cabello (2017) analisaram a distribuição espaço-temporal das áreas queimadas em áreas de vegetação de savana do Sul da Amazônia brasileira. Os autores verificaram que de 2000 a 2016, foram queimados 1,03 milhões de ha na área de estudo, com 86% dos incêndios concentrados na estação seca dos anos.

Isto posto, o objetivo desse trabalho foi realizar uma avaliação da cobertura vegetal do Município de Theobroma no Estado de Rondônia por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Metodologia

Área de estudo

A área de estudo compreende o Município de Theobroma-RO (10° 14' 26" S; 62° 21' 30" W; altitude média de 205 m) localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Machado, mesorregião: Leste Rondoniense, distante a aproximadamente 314 km da capital Porto Velho. Segundo o IBGE (2021), a população estimada de 2020 é de 10.395 pessoas, seu território compreende uma área de 2.197 km² e a relação demográfica é de cerca 4,8 hab. por km².

O clima é classificado como Aw (Köppen) com temperatura média de 26°C mín. e 32°C máx. e precipitação anual de 2.000 ± 2.250 mm e uma estação seca bem definida entre os meses de junho e setembro (Fujisaka et al., 1998; Vieira, 2018; Bravin et al., 2020). De acordo com Gomes (2018), o Município de Theobroma foi criado em fevereiro de 1992 pela Lei nº 371/1992 (Rondônia, 1992) e surgiu como um núcleo urbano de apoio rural do Projeto de Colonização Padre Adolfo Rohl, tendo aproximadamente 70% da sua economia baseada na atividade agropecuária.

Aquisição dos dados

O satélite escolhido para obtenção das imagens foi o Landsat 8 lançado em 2013. Sua órbita é majoritariamente polar, heliossíncrona e sua altitude é em torno de 705 km. Seu sensor *Operational Land Imager* (OLI), possui resolução espacial de 30 m para as bandas multiespectrais entre os comprimentos de onda de 0,43 a 2,29 µm e uma

capacidade radiométrica de 16 *bits*, o que confere a este satélite maior definição e redução do efeito de sombras (Bonfim et al., 2018).

As imagens do Landsat 8 foram adquiridas gratuitamente através do catálogo de imagens da Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - DGI INPE (2021), e abrangem um período de tempo entre os anos de 2015 e 2020. Foi estabelecido um intervalo temporal de 10 de jul. a 10 de ago. nos parâmetros de busca do DGI INPE, visto que, este período corresponde à uma faixa de menor índice pluviométrico no estado de Rondônia (Franca, 2015), o que favorece a obtenção de imagens com baixo percentual de cobertura de nuvens. O sensor utilizado foi o OLI, posicionado na órbita 231 e ponto 067. Para cada data um par de imagens, composto pelas bandas RED (banda 4) e NIR (banda 5), foi adquirido em conjunto com seus metadados.

Visto a necessidade de delimitar a área de estudo um arquivo da malha territorial de Rondônia, do ano de 2018, foi adquirido por meio do Portal de Mapas do IBGE (2021), em formato *shapefile*.

Composição do NDVI

Para a composição do NDVI foi utilizado o *software* livre Qgis versão 3.16.6. Os pares das imagens foram importados como rasters para o programa e passaram pelo processo de correção atmosférica a fim de converter os valores de *Digital Number* (DN) dos *pixels* em valores de radiância e posteriormente em reflectância planetária do topo da atmosfera (TOA), este procedimento minimiza a influência atmosférica sobre a imagem, possibilitando resultados mais acurados. Para isto foi realizada a calibração radiométrica das imagens Landsat 8 por meio do cálculo da reflectância TOA (equações 1 e 2) disponibilizado pelo USGS (2021).

$$(Eq. 1) \quad P_{\lambda'} = M_p Q_{cal} + A_p$$

$$(Eq. 2) \quad P_{\lambda} = \frac{P_{\lambda'}}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{P_{\lambda'}}{\sin(\theta_{SE})}$$

Onde:

$P_{\lambda'}$ = Reflectância Planetária TOA sem Correção da Angulação Solar;

M_p = Fator Multiplicativo de Redimensionamento da banda;

A_p = Fator Aditivo de Redimensionamento da Banda;

Q_{cal} = Valores de pixel quantizados e calibrados (DN);

P_{λ} = Reflectância Planetária TOA com Correção da Angulação Solar;

θ_{SE} = Ângulo da Elevação Solar Local;

θ_{SZ} = Ângulo Zenital Solar Local.

Os dados brutos foram recolhidos dos coeficientes radiométricos disponíveis nos metadados das imagens, organizados na Tabela 1, e utilizados nas equações empregadas no Qgis por meio da ferramenta calculadora raster.

As equações do USGS foram traduzidas para uma forma executável pela calculadora raster, gerando a seguinte fórmula: $((M_p * Q_{cal}) + A_p) / \sin(\theta_{SE})$. Os valores de M_p , A_p e $\sin(\theta_{SE})$ foram substituídos pelos valores tabelados enquanto que o Q_{cal} é a banda a ser corrigida.

Tabela 1. Dados compilados dos metadados para correção atmosférica.

	Data	Bandas	Mp	Ap	cos (θSZ)	sin (θSE)
2020	22 de jul.	4 e 5	0,00002	-0,10000	0,69914470	0,67187620
2019	08 de ago.	4 e 5	0,00002	-0,10000	0,67182141	0,76606684
2018	17 de jul.	4 e 5	0,00002	-0,10000	0,72736458	0,73152413
2017	14 de jul.	4 e 5	0,00002	-0,10000	0,73563960	0,72966410
2016	27 de jul.	4 e 5	0,00002	-0,10000	0,70055992	0,74934459
2015	25 de jul.	4 e 5	0,00002	-0,10000	0,70758785	0,74356947

A posteriori, com a finalização das correções atmosféricas o NDVI pode ser realizado por meio da equação (3) descrita por Asrar et al. (1987), este cálculo correlaciona a quantidade de luz vermelha visível absorvida e o infravermelho próximo refletido pelas plantas por meio das assinaturas de reflectância das bandas correspondentes.

$$(Eq. 3) \quad NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Onde:

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR = Infravermelho próximo (Banda 5 no Landsat-8);

RED = Luz vermelha visível (Banda 4 no Landsat-8).

Com uso da calculadora raster no Qgis a seguinte expressão foi utilizada: (Banda 5 - Banda 4)/(Banda 5 + Banda 4). O resultado é uma camada raster que possui valores que variam entre -1 e 1, estes valores indicam a densidade de clorofila, sendo os valores próximos de 1 aqueles com maior densidade de vegetação fotossinteticamente ativa, e os valores próximos -1 as áreas com menor densidade de vegetação fotossinteticamente ativa (Ribeiro et al., 2018).

Após o cálculo do NDVI, as camadas rasters geradas foram recortas utilizando a malha com os limites territoriais de Rondônia, depois desta ter todos seus municípios, exceto Theobroma, excluídos.

Composição dos mapas

Com o término dos recortes, as imagens apresentavam coloração monocromática na escala do cinza, a fim de facilitar a interpretação visual das imagens o tipo de renderização foi alterado para banda simples falsa-cor, a interpolação foi definida com discreta e diferentes cores foram atribuídas a intervalos específicos (Tabela 2), totalizando cinco classes de cobertura vegetal.

Tabela 2. Intervalos utilizados para compor as diferentes classes de vegetação.

Ano	Corpos hídricos	Solo exposto	Vegetação rala	Vegetação esparsa	Vegetação densa
2020	-1 a 0,0015	0,0015 a 0,250187	0,250187 a 0,552123	0,552123 a 0,649809	0,649809 a 0,85406
2019	-1 a 0,000448	0,000448 a 0,245142	0,245142 a 0,549355	0,549355 a 0,648555	0,648555 a 0,827115
2018	-1 a -0,00142	-0,00142 a 0,247807	0,247807 a 0,548598	0,548598 a 0,651727	0,651727 a 0,849389
2017	-1 a -0,001267	-0,001267 a 0,248184	0,248184 a 0,547527	0,547527 a 0,647307	0,647307 a 0,855184
2016	-1 a -0,002274	-0,002274 a 0,252152	0,252152 a 0,550018	0,550018 a 0,649307	0,649307 a 0,823062
2015	-1 a -0,000221	-0,00022 a 0,253412	0,253412 a 0,553106	0,553106 a 0,658468	0,658468 a 0,86242

Os intervalos foram definidos com o auxílio da ferramenta *r. report* que realizou a contagem dos pixels em intercadências próximas de 0,008 desta maneira obtivemos todos os intervalos e sua área equivalente em ha⁻¹, o que facilitou a escolha dos valores de cada classe.

Adiante a ferramenta *Layout de Impressão* foi usada para exportação das imagens NDVI do município de Theobroma no formato *Device Independent Bitmap* BMP, detalhes como escala e legenda foram acrescentados.

Resultados e discussões

Os mapas obtidos através da aplicação do NDVI (Figura 1) revelam um baixo percentual de vegetação densa em Theobroma, essas áreas correspondem às regiões florestadas, essa diminuição da vegetação nativa é explicada pelo processo de colonização de Theobroma, essencialmente este município foi criado para ser um núcleo urbano de apoio às práticas rurais e desde sua origem, práticas como a derrubada e queima foram empregadas grandemente (Oliveira et al., 1995). Silva e Pedroso (1996) apontaram que entre 1973 e 1993 Theobroma teve 46% da sua área desmatada, o que correspondia a 93.000 ha⁻¹.

A área com maior percentual de abrangência é a correspondente à vegetação rala com média entre os anos de 56,69% da área total do município, este tipo de cobertura vegetal é representado principalmente pelas pastagens degradadas. A Figura 2 mostra que ao longo do ano a linha de tendência da vegetação rala é aumentar, a medida, que a vegetação esparsa (representada principalmente por pastagens saudáveis, lavouras saudáveis, culturas perenes e capoeiras) e a vegetação densa diminuem.

Às zonas de solo exposto estão atribuídas às áreas de edificações, estradas e solos sem cobertura vegetal, a média constatada neste trabalho é 0,47%, contudo este valor pode ser mais alto, em função do intervalo escolhido (entre 0 a 0,25), trabalhos como o de Lima et al. (2013) atribuem valores maiores, com intervalos entre 0 a 0,45.

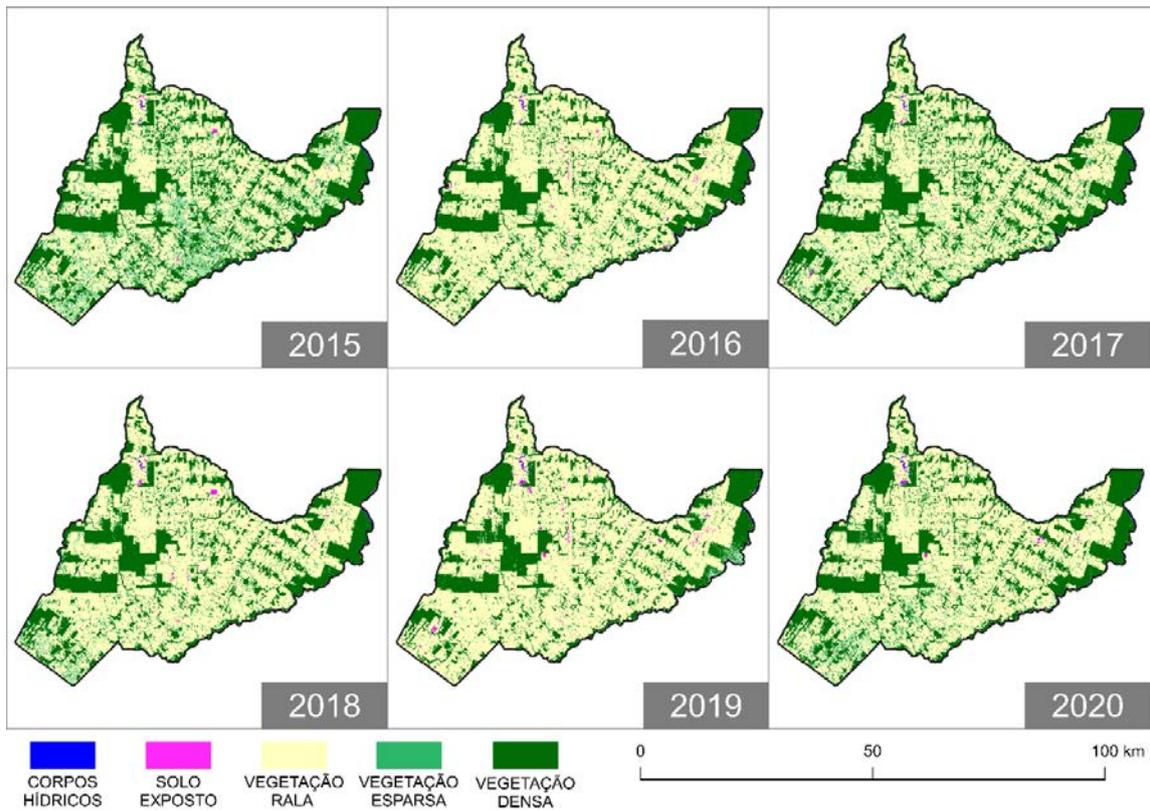


Figura 1. Mapas da cobertura vegetal do município de Theobroma de 2015 a 2020.

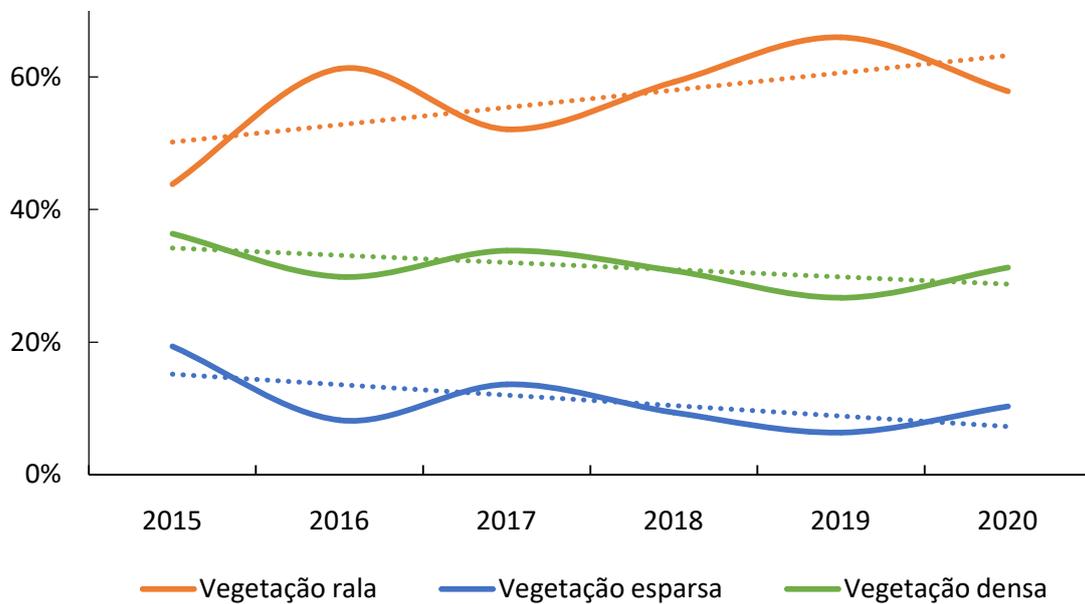


Figura 2. Variação percentual da cobertura vegetal entre 2015 a 2020.

A escolha desse intervalo foi feita com base na precisão observada, a utilização deste valor gerou resultados capazes de distinguir com acurácia as estradas rurais, lavouras em pousio sem cobertura vegetal e áreas edificadas, para o presente trabalho.

Totalizando as áreas não florestais (solo exposto, vegetação rala e esparsa) em 2020 Theobroma possuía cerca de 150 mil hectares em áreas desmatadas, um valor 61,29% maior que o observado por Silva e Pedroso (1996) para o ano de 1993. A Tabela 3 contém os valores em ha⁻¹ para cada ano analisado. As áreas de corpos hídricos possuem valores mínimos, em comparação com à área total calculada, que foi de 219.593,88 ha⁻¹, estes valores são entendidos pela hidrografia local, que apesar de compreender em seu território os Rios Valha-me-Deus, Limãozinho, Niterói, Toquefone e Jarú, nenhum destes possuem um grande volume de água (Câmara Municipal de Theobroma, 2021).

Tabela 3. Área em hectares dos tipos de cobertura do solo entre os anos de 2015 a 2020 em Theobroma-RO.

Tipo de cobertura	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Corpos hídricos	385	358	380	404	433	446
Solo exposto	664	1.154	671	1.038	1.709	993
Vegetação rala	96.208	134.475	114.382	130.032	144.883	126.963
Vegetação esparsa	42.529	18.043	29.906	20.546	13.961	22.549
Vegetação densa	79.807	65.563	74.255	67.574	58.607	68.643

É notável que o ano de 2019 registrou a menor área de vegetação densa no intervalo deste estudo, esta informação coincide com os valores obtidos pelo cálculo da taxa de incremento do desmatamento impregnado pelo INPE (Figura 3), este, diferentemente dos aplicados pela taxa de desmatamento, consideram as áreas desflorestadas menores que 6,25 ha⁻¹.

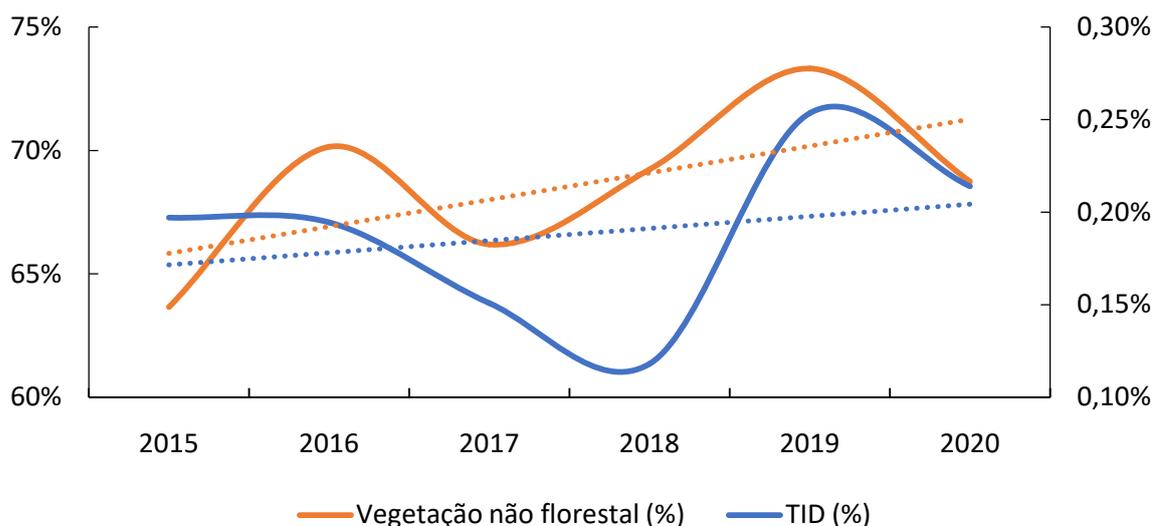


Figura 3. Percentual da taxa de incremento do desmatamento (TID) em relação à área de vegetação não florestal entre 2015 a 2020 em Theobroma-RO.

A Figura 4 apresenta uma área situada nas coordenadas 10° 04' 49,8" S, 62° 30' 17,0" W que teve aproximadamente 170 ha⁻¹ (área dentro do limite vermelho) desmatados no intervalo de 17 de jul. 2018 a 08 de ago. de 2019, com alguns focos de desflorestamentos menores que 6,25 ha, ressaltando a importância dos dados da taxa de incremento do desmatamento para o entendimento de alterações na cobertura vegetal, em especial, em regiões com baixo percentual de vegetação nativa, como Theobroma, que possuía cerca de 31% de sua mata original em 2020.



Figura 4. Evolução do desmatamento em área rural de Theobroma entre 2018 (a), 2019 (b) e 2020 (c).

Sabe-se que a degradação acelerada do solo tem sido observada mundialmente e são cada vez mais reconhecidas como uma ameaça aos sistemas de produção de alimentos, qualidade da água, estabilidade da paisagem e funcionamento equilibrado dos ecossistemas (Trimble e Mendel, 1995, McCulloch et al., 2003; Pimentel e Burgess, 2013; Kroon et al., 2016).

Infere-se, portanto, que este constante avanço na degradação das pastagens e perda de floresta põe em risco a principal fonte econômica da cidade, a pecuária. Estatisticamente, Theobroma possui 5º maior rebanho de Rondônia (Câmara Municipal de Theobroma, 2021).

Este trabalho apresenta um cenário das mudanças ocorridas na cobertura do solo no Município de Theobroma nos últimos anos, colaborando assim para aprimoração e planejamento das políticas e ações que resultem na diminuição ou resolução deste problema.

Entre estas ações, é essencial a adoção de técnicas de manejo que evitem a degradação do solo, da cobertura vegetal e que estimulem a recuperação de áreas degradadas, conservando altos níveis de vegetação durante todo ano e garantido proteção ao solo.

Ações estas que, a longo prazo, incrementam a produtividade por área plantada, porém, com menores danos ao meio ambiente, contribuindo assim, para a sustentabilidade dos sistemas produtivos, bem como para segurança alimentar no Brasil e no mundo como um todo, visto que o estado de Rondônia, além de grande produtor, é exportador de carnes fresca e congelada, além de outros produtos como soja, algodão, madeira e milho, para vários países, entre eles, Índia, China, Coreia do Sul, Itália, Portugal, Egito, Vietnã, Espanha, Israel, Alemanha, Rússia, México, entre outros (MDIC/SECEX, 2018; SEAGRI, 2021).

Conclusão

A confecção e análise dos mapas permitiram a observação dinâmica da vegetação, constatando uma crescente expansão das áreas de vegetação com baixo valor de NDVI, representadas principalmente pelas pastagens degradadas, e o avanço do desmatamento, corroborado pelos dados da Taxa de Incremento do Desmatamento. Para o último ano analisado, *Theobroma* possuía cerca de 58% do seu território ocupado por vegetação rala em estado de degradação, o que corresponde a 70% de toda área agricultável. Isso demonstra a urgência de ações que resultem na diminuição do desmatamento e da degradação das áreas de pastagem e que contribuam para a sustentabilidade dos sistemas produtivos no município de Theobroma-RO.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Alves, D. B.; Pérez-Cabello, F. Multiple remote sensing data sources to assess spatio-temporal patterns of fire incidence over Campos Amazônicos Savanna Vegetation Enclave (Brazilian Amazon). **Science of The Total Environment**, v. 601/602, p. 142-158, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.194>
- Asrar, G.; Fuchs, M.; Kanemasu, E. T.; Hatfield, J. L. Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 2, p. 300-306, 1984. <https://doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600020029x>
- Bonfim, N. P. S.; Cunha, D. V. P.; Troian, A.; Aplicação do NDVI na caracterização da cobertura vegetativa de Vitória da Conquista-Bahia. Anais da V Semana de Engenharia Florestal da Bahia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2018.
- Bravin, T. P.; Silva, G. H. L.; Ziemniczak, H. M.; Pazdiora, R. D.; Ferreira, E.; Saturnino, K. C. Suplementação em novilhas nelore no período de transição seco e das águas. **Agrarian**, v. 13, n. 47, p. 93-99, 2020. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v13i47.9922>
- Câmara Municipal de Theobroma. História do município. 2021. Disponível em: <<http://www.theobroma.ro.leg.br/institucional/historia-do-municipio>>. Acesso em: 13 maio 2021.
- Carvalho, D. F.; Cruz, E. S.; Pinto, M. F.; Silva, L. D. B.; Guerra, J. G. M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 3-9, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000100001>
- DGI-INPE. Catálogo. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>. Acesso em: 11 maio 2021.
- Franca, R. R. Climatologia das chuvas em Rondônia período 1981-2011. **Geografias Artigos Científicos**, v. 11, n. 1, p. 44-58, 2015.
- Frolking, S.; Hagen, S.; Braswell, B.; Milliman, T.; Herrick, C.; Peterson, S.; Roberts, D.; Michael, K.; Michael, P. Evaluating multiple causes of persistent low microwave backscatter from Amazon forests after the 2005 drought. **PLoS ONE**, v. 12, n. 9, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183308>

- Fujisaka, S.; Castilla, C.; Escobar, G.; Rodrigues, V.; Veneklaas, E. J.; Thomas, R.; Fisher, M. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: Estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 19, n. 1, p. 17-26, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(98\)00091-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(98)00091-7)
- Gaida, W.; Breunig, F. M.; Galvão, L. S.; Ponzoni, F. J. Correção atmosférica em sensoriamento remoto: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p. 229-248, 2020. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p229-248>
- Gomes, I. R. R.; Souto, M. F.; Feitoza, E. M. B. A.; Alves, N. M. Projeto Rondon em um estado do norte do Brasil: um relato experiência. **Extensão em Debate**, v. 2, n. 1, p. 99-113, 2018.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/>>. Acesso em: 11 maio 2021.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Portal de Mapas. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa222149>>. Acesso em: 11 maio 2021.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Terra Brasilis. Disponível em: <<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/amazon/increments>>. Acesso em: 13 maio 2021.
- Kharazmi, R.; Tavili, A.; Rahdari, M.; Chaban, L.; Panidi, E.; Rodrigo-Comino, J. Monitoring and assessment of seasonal land cover changes using remote sensing: A 30-year (1987-2016) case study of Hamoun Wetland, Iran. **Environmental Monitoring Assessment**, v. 190, p. 1-23, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6726-z>
- Kroon, F. J.; Thornburn, P.; Schaffelke, B.; Whitten, S. Towards protecting the Great Barrier Reef from land-based pollution. **Global Change Biology**, v. 22, n. 6, p. 1985-2002, 2016. <https://doi.org/10.1111/gcb.13262>
- Lense, G. H. E.; Parreiras, T. C.; Spalevie, V.; Avanzi, J. C.; Mincato, R. L. Soil losses in the State of Rondônia, Brazil. **Ciência Rural**, v. 51, n. 5, 2021. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200460>
- Lima, C. E. S.; Gomes, D. D. M.; Lima, D. R. M.; Deus, R. A. S. G.; Costa, S. O. C. Análise multitemporal da cobertura vegetal do Município de Garanhuns-PE, através dos dados de NDVI. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, João Pessoa, 2015.
- Lima, G. C.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Silva, M. A.; Oliveira, N. A.; Avanzi, J. C.; Ummus, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.959>
- McCulloch, M.; Fallon, S.; Wyndham, T.; Hendy, E.; Lough, J.; Barnes, D. Coral record of increased sediment flux to the inner Great Barrier Reef since European settlement. **Nature**, v. 421, p. 727-730, 2003. <https://doi.org/10.1038/nature01361>
- MDIC/SECEX - Ministério da Indústria/Comércio Exterior e Serviços. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>>. Acesso em: 5 out. 2021.
- Muller, M. M. L.; Guimarães, M. F.; Desjardins, T.; Martins, P. F. S. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 1409-1418, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001001100012>

Oliveira, S. J. M.; Castilla, C.; Monteiro, R. P.; Mendes, A. M.; Oliveira, V. B. V.; Rosa, N. C. Agricultura de derrubada e queima na Amazônia brasileira: diagnóstico preliminar em Theobroma-RO. Anais do Congresso Brasileiro de Administração Rural, Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 157-167, 1995.

Pereira da Silva, E.; Pedroso, G. S. C. O geoprocessamento aplicado à evolução do desmatamento no Município de Theobroma, Rondônia, ao longo dos anos de 1973, 1978, 1987 e 1993. Anais do Quarto Simpósio Internacional sobre Ecossistemas Florestais, Belo Horizonte, 1996.

Pimentel, D.; Burgess, M. Soil erosion threatens food production. **Agriculture**, v. 3, n. 3, p. 443-463, 2003. <https://doi.org/10.3390/agriculture3030443>

Ribeiro, B. M.; Petry, F. A.; Limberger, A. R. Análise temporal de dados NDVI para o município de Toledo PR, obtidos de imagens Landsat 8. **Revista Cultivando o Saber**, v. 11, n. 2, p. 149-159, 2018.

Rondônia. **Lei nº 371, 13 de fevereiro de 1992**. Cria o Município de Theobroma, desmembrado do Município de Jaru. Disponível em: <<https://sapl.al.ro.leg.br/norma/894>>. Acesso em: 12 maio 2021.

SEAGRI - Secretaria de Estado da Agricultura. 2021. Disponível em: <<https://rondonia.ro.gov.br/seagri/>>. Acesso em: 05 out. 2021.

Song, W.; Song, W.; Gu, H.; Li, F. Progress in the remote sensing monitoring of the ecological environment in mining areas. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 6, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17061846>

Trimble, S. W.; Mendel, A. C. The cow as a geomorphic agent: A critical review. **Geomorphology**, v. 13, p. 233-253, 1995. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00028-4](https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00028-4)

USGS - U. S. Geological Survey. Landsat missions. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/landsat-missions#:~:text=Since 1972, the joint NASA,natural resources and the environment>>. Acesso em: 12 maio 2021.

Vieira, J. S. **Caracterização da piscicultura em barramentos na região de Theobroma no Estado de Rondônia**. Taubaté: Universidade de Taubaté, 2018. (Dissertação de mestrado).

Xaud, M. R.; Epiphânio, J. C. N. Dinâmica do uso e cobertura da terra no sudeste de Roraima utilizando técnicas de detecção de mudanças. **Acta Amazônica**, v. 44, n. 1, p. 107-120, 2017. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672014000100011>

Xavier-Brasil, N. M. Q. X.; Brasil Neto, A. B.; Paumgartten, A. E. A.; Silveira, J. M. Q. X.; Silva, A. A. Análise multitemporal da cobertura do solo do Parque Estadual do Utinga, Belém, Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 36109-36118, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-193>

