

Land use and cover change caused by the expansion of soybean production in Sorriso - MT, Brazil (1990-2020)

Rodrigo Z. dos S. Rodrigues*, Rodrigo de Q. Miranda**

* Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 50670901, Brasil.
E-mail: rodrigo.zimmerle@ufpe.br

** Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 50670901, Brasil. E-mail: rodrigo.qmiranda@gmail.com

Received 25 October 2021; accepted 19 December 2021

Abstract

The process of agricultural expansion has been a risk to native forests around the world. Brazil is the largest producer of soybeans in the world. Sorriso, a municipality in the state of Mato Grosso (Midwest), is known as the capital of Brazilian agribusiness and is located between the Amazon and Cerrado biomes. In view of this, the study aims to analyze the relationship between the growth of soybean cultivation and forest degradation. For this purpose, Landsat images reclassified by the MapBiomass project were obtained, which identify the class of land use and land cover in the years 1990, 2000, 2010 and 2020. The results of land use and land cover changes designate an increase in the presence of soybean, which in 1990 was 11.7%, while in 2020 was 61.8%. Still, when analyzing the changes in the forest, it is identified that the presence of 71.3% in 1990, goes to 30.3% in 2020. The correlation coefficient indicated strong inversely proportional relationship, between forest and soybean classes. The results of this study are important for monitoring biodiversity conservation.

Keywords: biodiversity, environmental conservation, remote sensing.

Mudanças de uso e cobertura da terra ocasionadas pela expansão do cultivo de soja em Sorriso - MT, Brasil (1990-2020)

Resumo

O processo da expansão agrícola tem sido um risco para as matas nativas em todo o mundo. O Brasil é o maior produtor de grãos de soja do mundo. Sorriso, município do estado do Mato Grosso (Centro-Oeste), é conhecido como a capital do agronegócio brasileiro e está localizado entre os biomas Amazônia e Cerrado. Diante disso, este estudo visa analisar a relação entre o crescimento do cultivo de soja e a degradação florestal. Para tal, foram obtidas imagens Landsat reclassificadas pelo projeto MapBiomass, que identificam os tipos de uso e cobertura da terra nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. Os resultados das mudanças do uso e cobertura da terra designam um aumento na presença da soja, que em 1990 era de 11,7%, enquanto que em 2020 foi de 61,8%. Ainda, ao analisar as mudanças da floresta, identifica-se que a presença de 71,3% em 1990, vai para 30,3% em 2020. O coeficiente de correlação indicou forte relação inversamente proporcional, entre as classes de floresta e de soja. Os resultados desse estudo são importantes para o monitoramento da conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: biodiversidade, conservação ambiental, sensoriamento remoto.

1. Introdução

O avanço da produção agrícola do Brasil intensificou-se a partir de 1990 (Lucas et al., 2021). No levantamento de acompanhamento da safra brasileira, realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), indica que a safra de soja 2020/21 garantiu ao Brasil o título de maior produtor e exportador de grãos de soja do mundo (Silva et al., 2021), tendo o estado do Mato Grosso (MT) como maior produtor nacional (EMBRAPA, 2021). Na pesquisa de Produção Agrícola Municipal (PAM), realizada pelo Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística, o município de Sorriso - MT liderou como o maior produtor de soja do país em 2020 (IBGE, 2021). O município de Sorriso destina 5.900 km² de área plantada apenas à colheita de grãos de soja, o que levou em 2020 a uma produção de 2.283.300 toneladas de soja, as quais geraram uma receita de aproximadamente R\$2,8 bilhões (IBGE, 2021). É importante destacar, contudo, que a intensa expansão agrícola em Sorriso também levou a uma acentuada degradação dos biomas Amazônia e Cerrado em seu território (Soares et al., 2020). Estudo recente mostrou por meio de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) que,

em Sorriso, houve redução da área de mata nativa em pouco mais de 50% entre os anos de 1986 a 2011 (Soares et al., 2020).

Nesse sentido, Song et al. (2021) destaca que uma das principais consequências da expansão da soja para o meio ambiente é a degradação das florestas, como ocorreu em Sorriso. Segundo esses autores, o crescimento rápido da utilização da terra para monocultura torna-se um risco à biodiversidade e aos ecossistemas. Do ponto de vista da preservação ambiental, o fator primordial é que a produção de soja cresce em detrimento das áreas de matas, e isto pode ocasionar desequilíbrios ecológicos potencializando a destruição de determinado ecossistema.

Nesse contexto, o indicador de Chaudhary e Brooks (2019) explora riscos a biodiversidade ocasionados pelo tipo de atividade econômica em escala global. No Brasil, a principal atividade econômica é a produção agrícola, com destaque a produção de soja. Assim, este índice calcula os impactos sobre a biodiversidade em função do consumo nacional e do comércio global, com dados de uso da terra, de espécies de animais e seus níveis de adaptação às áreas, bem como dados de espécies extintas e de tipos de ecorregiões (Chaudhary e Brooks, 2019). Esses dados são relacionados com atividades de consumo, produção, importação e exportação. Como resultado, Chaudhary e Brooks (2019) identificaram a partir desse indicador que o Brasil se encontra no nível mais crítico de degradação da biodiversidade. Inclusive, o estudo apresentado por Lucas et al. (2021) também se atenta aos riscos ambientais que o crescimento em larga escala da produção de grãos de soja pode ocasionar, assim, busca através do indicador de potenciais danos à biodiversidade ocasionado pela cultura da soja, relacionar as dinâmicas da expansão agrícola em função dos impactos na biodiversidade das regiões onde ocorre intenso crescimento desta atividade agrícola. Assim, o monitoramento da expansão agrícola é fundamental para subsidiar políticas de conservação específicas para conter os danos e riscos ambientais que a exploração das commodities ocasiona (Song et al., 2021).

Atualmente, os estudos de uso e cobertura da terra são aplicados em diversas finalidades. Por exemplo, em pesquisas ambientais, as técnicas são utilizadas para identificar causas e efeitos da degradação ambiental (Dias et al., 2020; Miranda et al., 2018; Zaiatz et al., 2018). Por outro lado, na área da saúde busca-se gerenciar riscos ambientais relacionados a doenças infecciosas (Gao et al., 2021; Kanga et al. 2021). Ainda, nos estudos de mudanças climáticas relaciona-se os impactos das mudanças do uso e cobertura da terra às dinâmicas da temperatura da superfície terrestre (Kafy et al., 2020). Não

somente, os dados de uso e cobertura da terra são fontes de modelos de previsões, tais como a estrutura de código aberto LuccME, que possibilita a modelagem de cenários das mudanças do uso e cobertura da terra (Aguiar et al., 2016). De maneira semelhante, Leta et al. (2021) utiliza como entrada do modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) os dados de uso e cobertura da terra, juntamente com dados pedológicos, climáticos e geomorfológicos. Em síntese, pode-se aplicar tais análises em diferentes escalas: regional e global (Lang e Blaschke, 2009). Assim sendo, o monitoramento do uso e cobertura da terra fornece mecanismos de ação para o entendimento das dinâmicas do ecossistema e da biodiversidade. Inclusive, as análises fornecem subsídios para a formação de políticas públicas ambientais e tomadas de decisão no planejamento ambiental (Lautenbach et al., 2011).

No Brasil, de forma a contribuir com o monitoramento dos seus biomas, o projeto MapBiomas vem desenvolvendo o acesso público a dados de uso e cobertura da terra (Souza et al., 2020). Diante disso, o MapBiomas utiliza-se de imagens Landsat com resolução de 30m por pixel como matéria prima para o algoritmo de machine learning e outras validações estatísticas produzirem os mapas de uso e cobertura da terra (Souza et al., 2020). Em síntese, esse estudo acredita que os produtos do MapBiomas são capazes de subsidiar análises das mudanças do uso e cobertura da terra para o município de Sorriso - MT.

Assim como nos estudos de Santos e Brito (2021) e de White (2020), este trabalho teve como objetivo realizar uma aplicação real do banco de dados do MapBiomas para uma análise espaço-temporal da degradação de áreas naturais devido à expansão das fronteiras agrícolas no município de Sorriso, localizado ao norte do estado de Mato Grosso. Assim, busca-se dar suporte para análises e monitoramentos ambientais através das técnicas propostas neste trabalho. Inclusive, espera-se que esta pesquisa possa subsidiar meios de tomada de decisão na área de conservação ambiental, por exemplo, utilizando-se da técnica de análise apresentada nesta investigação como ferramenta para delimitação de áreas de preservação ambiental.

2. Material e métodos

Processamentos dos dados

O processo metodológico se dá em três etapas (Figura 1). Portanto, a primeira etapa consiste na coleta de dados com os recursos oferecidos pelo MapBiomas em rede com o Google Earth Engine. Logo após, a segunda etapa processa os dados e extrai as métricas da área de estudo com uso do Qgis e o plugin LecoS. Por fim, aplica-se a correlação de

Pearson com uso do RStudio V.1.4, além de realizar a formatação dos resultados em gráficos com uso do

Veusz 3.4.

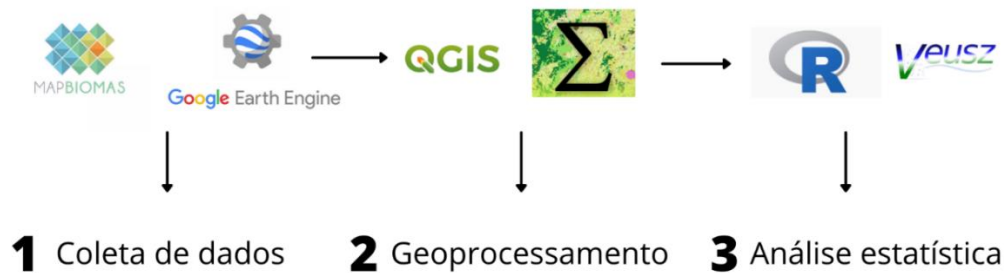


Figura 1 – Fluxograma das etapas realizadas para construção dos resultados do trabalho.

Área de estudo

O município de Sorriso, localizado no estado do Mato Grosso, região Centro-Oeste do Brasil (Figura 2), detém o título de Capital do Agronegócio segundo o decreto sancionado pela Presidenta da República Dilma Rousseff, Lei N° 12.724, de 16 de outubro de 2012 (Brasil, 2012). Parte do território ao norte é regido pelos limites do bioma amazônico, enquanto que ao sul pelo bioma do cerrado. Além disso, o Rio Teles Pires e o Rio Verde

estão presentes no território de Sorriso de norte a sul (IBGE, 2021). Sua área territorial é de 9.346,873 km², o clima tropical úmido (Aw) (Alvares et al., 2013), população estimada de 94.941 habitantes e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,744 (IBGE, 2021). A produção agrícola é a maior fonte de renda do município, onde majoritariamente se dá a partir da produção de grãos de soja (EMBRAPA, 2021).

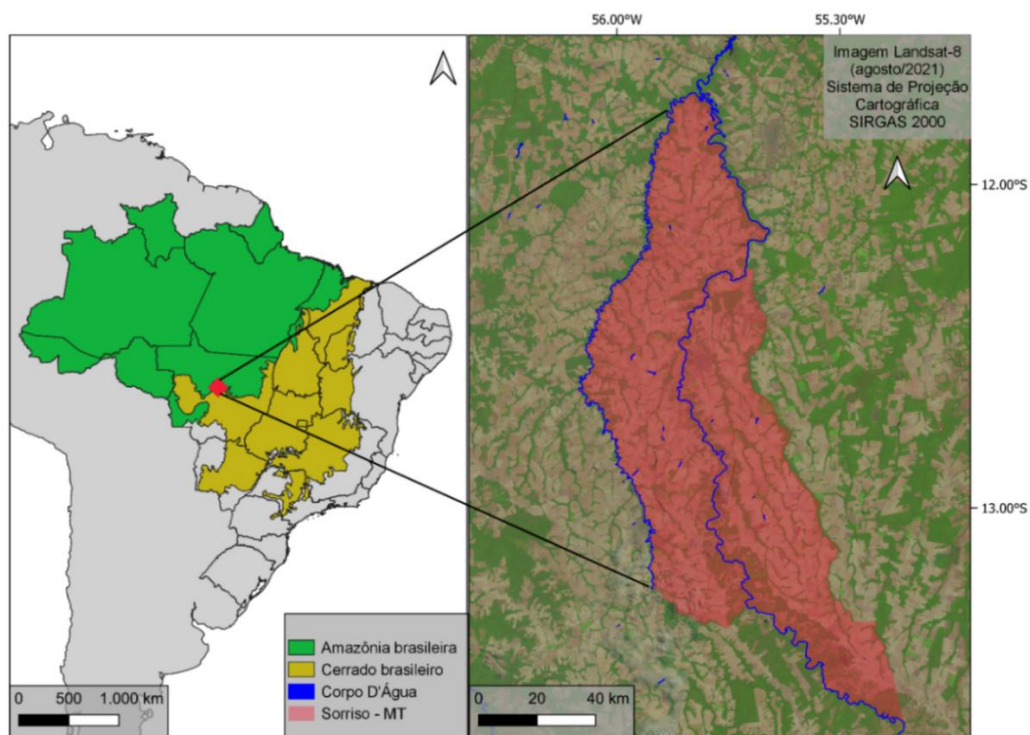


Figura 2 – Localização do município de Sorriso - MT.

Dados de uso e cobertura da terra

As imagens de classificação do tipo de uso e cobertura da terra foram obtidas pelo Projeto MapBiomas – Coleção 6 da Série Anual de Mapas de

Uso e Cobertura da Terra do Brasil. Os produtos do MapBiomas utilizam imagens Landsat processadas por algoritmos de machine learning (Souza et al., 2020). Os produtos gerados pelo MapBiomas, são

disponibilizados por script na plataforma do Google Earth Engine (GEE). Nesse caso, foi utilizada a plataforma para a obtenção das imagens do município de Sorriso - MT, referente aos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. As imagens foram manuseadas pelo software de geoprocessamento QGIS 3.16.8. Com base no manual MapBiomias Coleção 6 de Códigos das Classes da Legenda e Paleta de Cores, foi realizado o agrupamento dos tipos de classes, isto é, tipos de uso semelhantes são organizados para ocupar

o espaço de uma classe de uso. Assim, foram agrupadas subclasses em uma única hierarquia, por exemplo, Floresta compreende tanto Formação Florestal como Formação Savânica (Figura 3). A classe de uso “Soja” que poderia ser agrupada em “Agropecuária”, neste caso não se aplica, pois, este trabalho é centrado na análise prioritária da classe de uso e ocupação da terra pela soja. Ao todo, foram agrupados dados em sete classes diferentes (Figura 3).

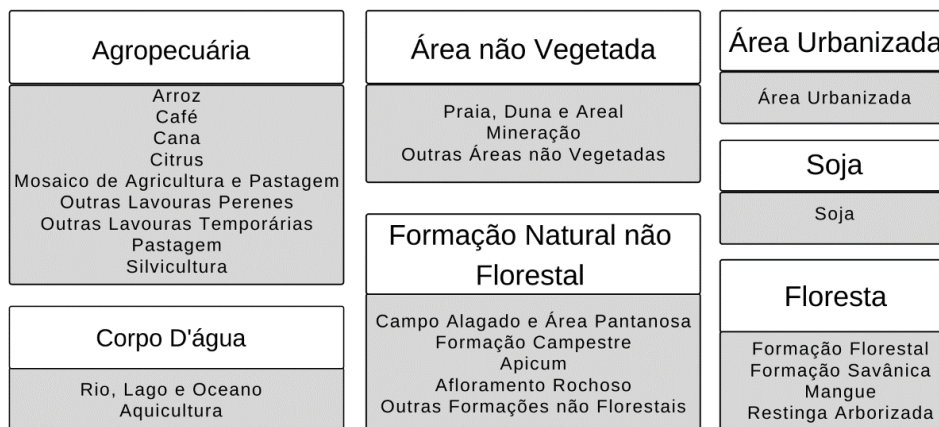


Figura 3 – Agrupamento das classes de uso e cobertura da terra. Fonte: Adaptado de MapBiomias Coleção 6 de Códigos das classes da legenda e paleta de cores (Mapbiomas, 2021).

Foram elaborados mapas dos anos estudados utilizando a paleta de cores proposta pelo MapBiomias. Em seguida, foram extraídas as métricas de paisagem com o plugin LecoS no QGIS. O LecoS foi desenvolvido em linguagem Python com a finalidade de obter as classes presentes nas imagens raster em relação às informações espaciais (Jung, 2016). Nesse caso, foram obtidos os valores que representam a proporção percentual de presença das classes na área total do estudo conforme a equação:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100) \quad (1)$$

Onde P_i representa a proporção da ocupação da paisagem pelo tipo de mancha (classe) i ; j representa a menor unidade da paisagem (mancha); a_{ij} indica a área (m^2) da mancha ij ; A equivale a área total da paisagem (m^2).

A partir disso, foram tabulados os resultados relacionados com a proporção em percentual de presença de cada classe identificada pelos mapas de uso e cobertura. Por fim, foi utilizado o coeficiente de correlação (r) para investigar a intensidade de existência e linearidade entre as classes de Floresta e de Soja.

3. Resultados e discussão

Os mapas de uso e cobertura da terra demonstraram a expansão espaço-temporal de produção de soja entre 1990 - 2020. Nesse período houve aumento das áreas destinadas a monocultura da soja. Fearnside, (2000) e Soares et al. (2020), relatam que os fatores propulsores para a intensificação da produção de soja em Sorriso e região, são fundamentados pelos avanços das pesquisas voltadas para fins agrícolas no MT, pelos preços baratos das terras nesta região e pela liberação de subsídios financeiros governamentais com a finalidade de fomentar o crescimento econômico regional. No período de 2000 a 2010 também houve crescimento das áreas de soja em Sorriso, que salta de 39,9% para 59,7% (Tabela 1). Tal aumento também é uma propensão latino-americana, que também apresentou forte alta nesse período, principalmente em outros estados do Brasil, tais como, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul, e na Argentina (Song et al., 2021). Entre 2010 e 2020 a utilização da terra para o cultivo da soja estagnou (Tabela 1). Percebe-se que nas margens do Rio Teles Pires, a mata nativa é preservada (Figura 4). Certamente, essa dinâmica de proteção da mata ciliar ocorre em linha com o Código Florestal Brasileiro e seu Art. 4º listado na Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que determina como Área de Preservação Permanente às margens de

qualquer curso d'água perene e intermitente (Brasil, 2012).

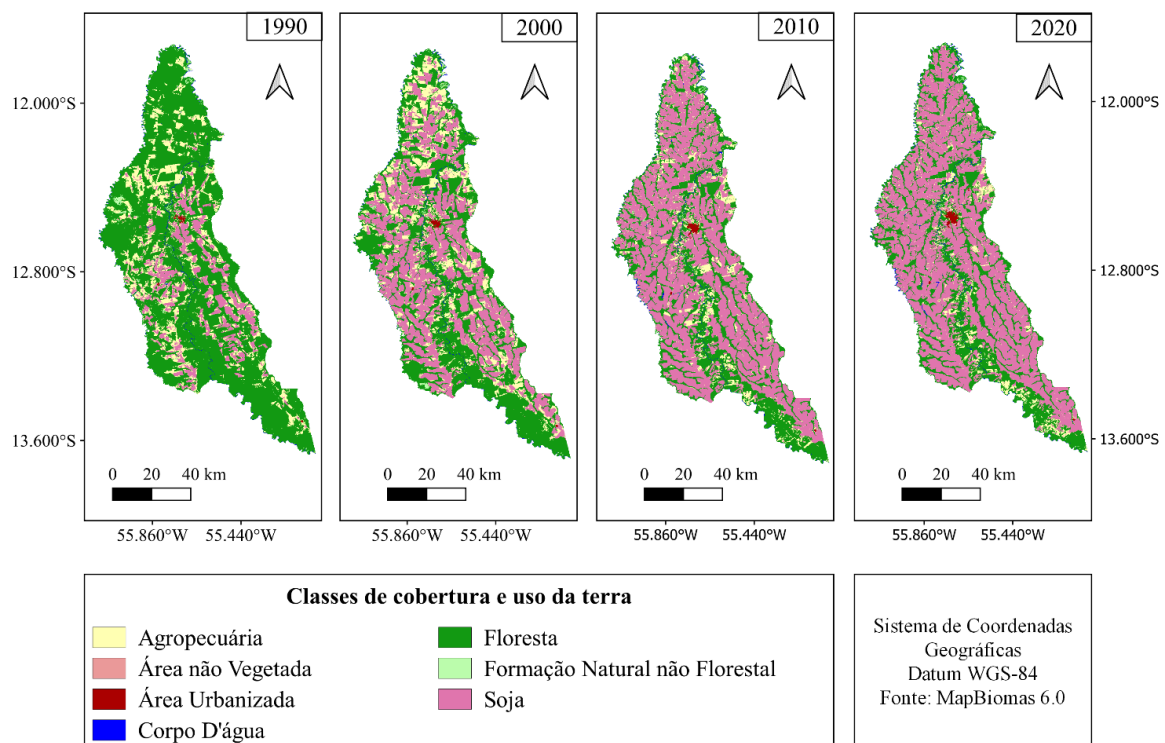


Figura 4 – Mapa de uso e cobertura da terra do município de Sorriso - MT (1990 - 2020).

A ocupação da classe de uso floresta em 1990 e em 2020 foi de 71% e 30,3%, respectivamente (Tabela 1). Em contraste, a área com soja aumentou de 11,7% em 1990 para 61,8% no ano de 2020. A terceira classe a sofrer maiores variações, é a de atividade agropecuária que diminuiu aproximadamente 10% no município ao longo das décadas, isto é, de 1990 a 2020. A pastagem e outros cultivos agrícolas, foi diminuindo sua presença na área de estudo na série histórica de 1990 a 2020. Em 2020, com apenas 5,6% de uso da terra destinado para outras atividades agropecuárias, o município de

Sorriso, se destaca pela quantidade de área ocupada para produção de soja em grãos. Desse modo, Sorriso (MT) produziu 2283300 toneladas (t) de grãos de soja em 2020 e ocupa o posto de maior produtor de soja do Brasil. Ainda no ano de 2020, os municípios que ocupam os postos de segundo e terceiro maiores produtores de grãos de soja no Brasil, estão localizados na região oeste do estado da Bahia (BA), Formosa do Rio Preto (BA) e São Desidério (BA) produziram em 2020, em ordem respectiva, 1619930 t e 1462200 t de grãos de soja (IBGE, 2021).

Tabela 1 – Proporção de presença das classes de uso e cobertura da terra no período de 1990 à 2020 em Sorriso - MT.

Classe	Uso e ocupação da terra (%)			
	1990	2000	2010	2020
Agropecuária	15,00	15,48	7,50	5,64
Área não vegetada	0,37	0,41	0,14	0,47
Área urbanizada	0,15	0,21	0,30	0,40
Corpo d'água	0,67	0,66	0,81	0,83
Floresta	71,38	42,98	31,13	30,31
Formação natural não florestal	0,71	0,62	0,40	0,48
Soja	11,72	39,64	59,72	61,87

Foi observado que anteriormente ao ano 2000 essa região ainda apresentava maior área de floresta nativa em relação ao cultivo de soja.

Contudo, a acelerada conversão da floresta em monocultivo de soja continuou até meados de 2010, quando iniciou o período de estabilização (Figura

5a). Assim, ao investigar a relação entre a classe de Floresta com a Soja, identificou-se que o coeficiente de correlação de Pearson foi de $r = -0,99$, indicando forte relação inversamente proporcional (Figura 5b)

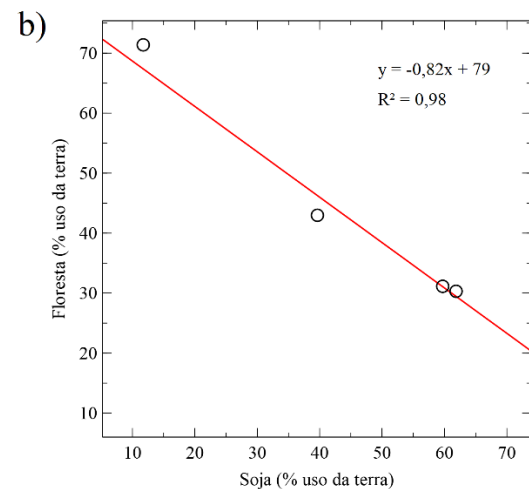
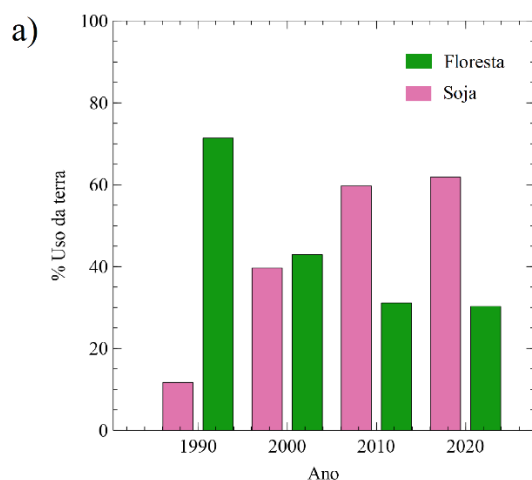


Figura 5 – Relação das classes de floresta e de soja na série histórica de 1990 a 2020 com base nos mapas de uso e cobertura da terra do município de Sorriso - MT. a) Visualização gráfica do percentual das classes floresta e soja. b) Visualização gráfica da regressão linear das classes floresta e soja (1990 - 2020).

4. Conclusão

Foi possível identificar a expansão do uso e cobertura da terra em função da atividade de produção de grãos de soja durante o período de 1990 a 2020. Houve acentuado aumento das áreas de soja em detrimento das áreas de mata. Esta análise identificou que a mata ciliar do rio Teles Pires resiste ao desmatamento. Desta forma, percebe-se a importância das leis de conservação ambiental como poderosa ferramenta para preservação das matas ciliares.

Por fim, os resultados indicam que o avanço da produção de soja está diretamente relacionado com o desmatamento. Este, um risco para a biodiversidade, já que, a retirada da mata gera impactos nos serviços ecossistêmicos. No entanto, as políticas direcionadas para a preservação das florestas, podem ser a solução para possíveis medidas de conservação dos biomas.

Desta maneira, o estudo das mudanças de uso e cobertura da terra possibilita analisar as dinâmicas ambientais e pode contribuir para a construção da legislação ambiental.

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação de Amparo à Ciência e Pesquisa de Pernambuco - FACEPE, pelo financiamento desta pesquisa (Processos: IBPG-0746-7.06/21; APQ 0646-9.25/16).

Referências

- Aguiar, A.P.D., Vieira, I.C.G., Assis, T.O., Dalla-Nora, E.L., Toledo, P.M., Santos-Junior, R.A.O., Batistella, M., Coelho, A.S., Savaget, E.K., Aragão, L.E.O.C., Nobre, C.A., Ometto, J.P.H., 2016. Land use change emission scenarios: Anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. *Global Change Biology* 22, 1821–1840.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., De Moraes Gonçalves, J.L., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711–728.
- Brasil, 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio.
- Brasil, 2012. Lei Nº 12.724, de 16 de outubro.
- Chaudhary, A., Brooks, T.M., 2019. National Consumption and Global Trade Impacts on Biodiversity. *World Development* 121, 178–187.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento, 2021. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, v.8, n.12 (2020/21). CONAB, Brasília.
- Dias, D.S., Albuquerque, R.L.O., Rodrigues, R.S.S., 2020. Evolução temporal do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Parauapebas, Pará. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* 10, 122–129.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2021. Portal Embrapa Soja. Disponível: <https://www.embrapa.br/soja>. Acesso: 18 out. 2021
- Fearnside, P.M., 2001. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental*

- Conservation 28, 23–38.
- Gao, P., Pilot, E., Rehbock, C., Gontariuk, M., Doreleijers, S., Wang, L., Krafft, T., Martens, P., Liu, Q., 2021. Land use and land cover change and its impacts on dengue dynamics in China: A systematic review. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 15.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Produção Agrícola Municipal 2020. IBGE, Rio de Janeiro.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Cidades@. IBGE, Rio de Janeiro.
- Jung, M., 2016. LecoS - A python plugin for automated landscape ecology analysis. *Ecological Informatics* 31, 18–21.
- Kafy, A. Al, Rahman, M.S., Faisal, A. Al, Hasan, M.M., Islam, M., 2020. Modelling future land use land cover changes and their impacts on land surface temperatures in Rajshahi, Bangladesh. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 18.
- Kanga, S., Meraj, G., Sudhanshu, Farooq, M., Nathawat, M.S., Singh, S.K., 2021. Analyzing the Risk to COVID-19 Infection using Remote Sensing and GIS. *Risk Analysis* 41, 801–813.
- Lang, S., Blaschke, T., 2009. Análise da paisagem com SIG. Traduzido por Hermann Kux. Oficina de Textos, São Paulo.
- Lautenbach, S., Kugel, C., Lausch, A., Seppelt, R., 2011. Analysis of historic changes in regional ecosystem service provisioning using land use data. *Ecological Indicators* 11, 676–687.
- Leta, M.K., Demissie, T.A., Tränckner, J., 2021. Hydrological Responses of Watershed to Historical and. *Water (Switzerland)* 13.
- Lucas, K.R.G., Antón, A., Ventura, M.U., Andrade, E.P., Ralisch, R., 2021. Using the available indicators of potential biodiversity damage for Life Cycle Assessment on soybean crop according to Brazilian ecoregions. *Ecological Indicators* 127.
- MapBiomas, 2021. Projeto Mapbiomas – Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. Disponível: <https://www.mapbiomas.org>. Acesso: 18 out. 2021.
- Miranda, R.D.Q., Galvêncio, J.D., Morais, Y.C.B., Moura, M.S.B. de, Jones, C.A., Srinivasan, R., 2018. Dry Forest Deforestation Dynamics in Brazil's Pontal Basin. *Revista Caatinga* 31, 385–395. Acesso: 18 out. 2021.
- Prefeitura Municipal de Sorriso. Portal da Prefeitura Municipal de Sorriso. Disponível: <https://site.sorriso.mt.gov.br>.
- Santos, L.A.C., Brito, T.R.C., 2021. Análise temporal do uso e cobertura do solo da capital brasileira do amianto: Minaçu, estado de Goiás. *Revista Brasileira de Geografia Física* 14, 1443–1452.
- Silva, E.H.F.M.da, Silva Antolin, L.A., Zanon, A.J., Soares Andrade, A., Antunes de Souza, H., dos Santos Carvalho, K., Aparecido Vieira, N., Marin, F.R., 2021. Impact assessment of soybean yield and water productivity in Brazil due to climate change. *European Journal of Agronomy* 129.
- Song, X.P., Hansen, M.C., Potapov, P., Adusei, B., Pickering, J., Adami, M., Lima, A., Zalles, V., Stehman, S. V., Di Bella, C.M., Conde, M.C., Copati, E.J., Fernandes, L.B., Hernandez-Serna, A., Jantz, S.M., Pickens, A.H., Turubanova, S., Tyukavina, A., 2021. Massive soybean expansion in South America since 2000 and implications for conservation. *Nature Sustainability* 4, 784–792.
- Souza, C.M., Shimbo, J.Z., Rosa, M.R., Parente, L.L., Alencar, A.A., Rudorff, B.F.T., Hasenack, H., Matsumoto, M., Ferreira, L.G., Souza-Filho, P.W.M., de Oliveira, S.W., Rocha, W.F., Fonseca, A. V., Marques, C.B., Diniz, C.G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E.R., Vélez-Martin, E., Weber, E.J., Lenti, F.E.B., Paternost, F.F., Pareyn, F.G.C., Siqueira, J. V., Viera, J.L., Neto, L.C.F., Saraiva, M.M., Sales, M.H., Salgado, M.P.G., Vasconcelos, R., Galano, S., Mesquita, V. V., Azevedo, T., 2020. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. *Remote Sensing* 12.
- Soares, J., Danelichen, V.H.M., Pereira, O.A., Martins, A.L., 2020. Estudo da dinâmica espaço-temporal do NDVI no Município de Sorriso-MT. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13, 834–841.
- White, B.L.A., 2020. Spatiotemporal variation of fire occurrence in the State of Bahia, Brazil, between 2003 and 2019 Benjamin. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* 10, 153–167.
- Zaiatz, A.P.S.R., Zolin, C.A., Vendrusculo, L.G., Lopes, T.R., Paulino, J., 2018. Agricultural land use and cover change in the Cerrado/Amazon ecotone: A case study of the upper Teles Pires river basin. *Acta Amazonica* 48, 168–177.