

Análise dos padrões espaciais do desmatamento na Mata Atlântica, Brasil

Patrik de Oliveira Guimarães¹ , Mariana de Souza Fernandes¹ , Alex Mota dos Santos^{1*} ,
Fabrízia Gioppo Nunes² 

1 Centro de Formação em Ciências Agroflorestais (CFCaf) - Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), Rodovia Ilhéus/Itabuna, km 22 CEPLAC/CEPEC - Ilhéus, 45.604-811.

2 Instituto de Estudos Socioambientais (IESA) - Universidade Federal de Goiás (UFG), Avenida Esperança, s/n, Samambaia, Goiânia, 74.001-970.

*Autor para correspondência: alex.geotecnologias@gmail.com

Recebido em 12 de abril de 2023.

Aceito em 11 de julho de 2023.

Publicado em 31 de agosto de 2023.

Resumo - O desmatamento nas florestas tropicais é um fenômeno observado em todo o mundo. No Brasil, a Mata Atlântica é um bioma com grande biodiversidade, que vem sofrendo com o desmatamento há anos. Isto faz com que este bioma seja um dos mais ameaçados do país. Desta forma, o objetivo do trabalho é analisar os padrões espaciais do desmatamento da Mata Atlântica brasileira, considerando o acumulado até o ano de 2020. A metodologia envolve um conjunto de ferramentas de análise exploratória de dados espaciais, através de índices globais e locais que fornecem uma medida da associação espacial das áreas desmatadas. Os resultados obtidos revelam que a alta correlação espacial de *clusters* de desmatamento é formada por 248 municípios, dos 3.034, de domínio do Bioma Mata Atlântica. Estes estão situados em regiões específicas dos estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e Espírito Santo. Por outro lado, na Região Nordeste não foram identificados *clusters* de municípios com áreas de desmatamento de significância estatística. Desta forma, é evidente que existem agregações, bem definidas, de municípios com desmatamento. Entretanto, o desmatamento também tem sido realizado de forma isolada.

Palavras-chave: Mapeamento. Sensoriamento Remoto. Recursos Florestais. Estatística Espacial.

Analysis of spatial patterns of deforestation in the Atlantic Forest, Brazil

Abstract - Deforestation in tropical forests is a phenomenon observed throughout the world. In Brazil, the Atlantic Forest is a biome with rich biodiversity that has been experiencing deforestation for many years. This makes this biome one of the most endangered in the country. Thus, the objective of this work is to analyze the spatial patterns of deforestation in the Brazilian Atlantic Forest, accumulated until the year 2020. The methodology involves a set of exploratory analysis tools for spatial data, through global and local indices that provide a measure of the spatial association of the deforested area. The results reveal that the high spatial correlation of deforestation clusters is formed by 248 municipalities,

out of the 3,034, in the domain of the Atlantic Forest Biome. These are in specific regions of the states of Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, and Espírito Santo. On the other hand, in the Northeast region, clusters of municipalities with areas of deforestation and statistical significance were not identified. Thus, it is evident that there are well-defined aggregations of municipalities with deforestation. However, deforestation has also been carried out in isolation.

Keywords: Mapping. Remote Sensing. Forest Resources. Spatial Statistics.

Análisis de los patrones espaciales de deforestación en la Mata Atlántica, Brasil

Resumen - La deforestación en los bosques tropicales es un fenómeno observado en todo el mundo. En Brasil, la Mata Atlántica es un bioma con una gran biodiversidad que ha estado experimentando deforestación durante muchos años. Esto convierte a este bioma en uno de los más amenazados en el país. Así, el objetivo de este trabajo es analizar los patrones espaciales de deforestación en la Mata Atlántica brasileña, acumulada hasta el año 2020. La metodología involucra un conjunto de herramientas de análisis exploratorio de datos espaciales, a través de índices globales y locales que brindan una medida de la asociación espacial de las áreas deforestadas. Los resultados revelan que la alta correlación espacial de conglomerados de deforestación está formada por 248 municipios, de 3.034, en el dominio del Bioma de la Mata Atlántica. Estos se encuentran en regiones específicas de los estados de Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul y Espírito Santo. Por otro lado, en la Región Nordeste, no se identificaron agrupaciones de municipios con áreas de deforestación y significación estadística. Así, es evidente que existen agregaciones bien definidas de municipios con deforestación. Sin embargo, la deforestación también se ha llevado a cabo de forma aislada.

Palabras clave: Cartografía. Teledetección. Recursos Forestales. Estadísticas Espaciales.

Introdução

O desmatamento nas florestas tropicais é um fenômeno observado em todo o mundo. Além disso, os fragmentos remanescentes estão sofrendo com a perda da biomassa e da biodiversidade (Lima et al. 2020). Na ciência da conservação da natureza é reconhecida a importância das análises dos padrões espaciais do desmatamento em diversos biomas, tanto em nível nacional quanto em estudos internacionais (Davis et al. 2019; Trigueiro 2019; Trigueiro et al. 2020; Santos et al. 2021).

Desta forma, e diante da importância deste tema, observam-se diversas pesquisas aplicadas à análise do desmatamento, com destaque para os estudos desenvolvidos por Mitchard (2018), Davis et al. (2019), Veldkamp et al. (2020), Hoang e Kanemoto (2021) e Santos et al. (2021). Assim, Mitchard (2018) considera que o desmatamento das florestas influencia no ciclo de carbono e nas mudanças climáticas. Além disso, Hoang e Kanemoto (2021) afirmam que esse fenômeno é uma ameaça expressiva à biodiversidade do planeta, com impactos significativos nas propriedades e funções dos solos (Veldkamp et al. 2020).

A Mata Atlântica é considerada um dos biomas com a maior riqueza de espécies do planeta. Possui mais de 20 mil espécies vegetais, sendo 8 mil endêmicas (Santos et al. 2020), e é considerada um dos 25 *hotspots* da biodiversidade mundial (MMA 2002). Devido a ser um dos biomas mais ameaçados, torna-se uma das regiões prioritárias à conservação (Martins et al. 2021). Segundo (Santos 2020), é um dos ecossistemas mais complexos do mundo. Seu histórico de elevadas taxas de desmatamento e a perda da biodiversidade influenciam o crescimento do número de pesquisas relacionadas ao estudo dos fatores de desmatamento e a proteção da fauna e flora deste bioma (Joly et al. 2014; Davis et al. 2019).

Neste cenário, as análises sobre os desmatamentos têm sido variadas e subsidiadas por meio de informações georreferenciadas. Davis et al. (2019) utilizaram dados e informações dos órgãos governamentais brasileiros para a modelagem dos indutores do desmatamento na Mata Atlântica. Para tanto, usaram estatísticas espaciais robustas, no caso a Regressão Geograficamente Ponderada. Santos et al. (2021) empregaram metodologia semelhante à de Davis et al. (2019) para a análise da retirada da vegetação na Amazônia. Destas duas pesquisas observa-se a utilização de ferramentas de análise exploratória de dados espaciais, por exemplo, por meio de Índices Globais e Locais, tais como Índice Local de Moran, Moran Global, LISA Map, estatística G_i , os quais fornecem uma medida da associação espacial das áreas desmatadas. De forma geral, na análise espacial, tem sido recorrente o uso dos Índices Local e Global de Moran. De acordo com Meng et al. (2005), o Índice de Moran Global é uma forma de medir a autocorrelação espacial, fornecendo uma medida geral da associação espacial.

Apesar da importância deste tema e das inúmeras pesquisas, foi constatado que ainda é escassa a produção científica sobre o mapeamento dos padrões espaciais do desmatamento na Mata Atlântica brasileira. Estudos mais recentes se dedicaram a explicar os motivadores do desmatamento Davis et al. (2019), porém, sem um enfoque quanto à sua correlação espacial. Assim, o objetivo do trabalho é analisar os padrões espaciais do desmatamento da Mata Atlântica brasileira, acumulado até o ano de 2020. Isso é importante, pois, segundo Carneiro et al. (2020, p. 65), o conhecimento da real situação em que se encontra a cobertura vegetal é fundamental para o estabelecimento de políticas públicas e identificação de oportunidades para conservação e uso sustentável da biodiversidade.

Material e métodos

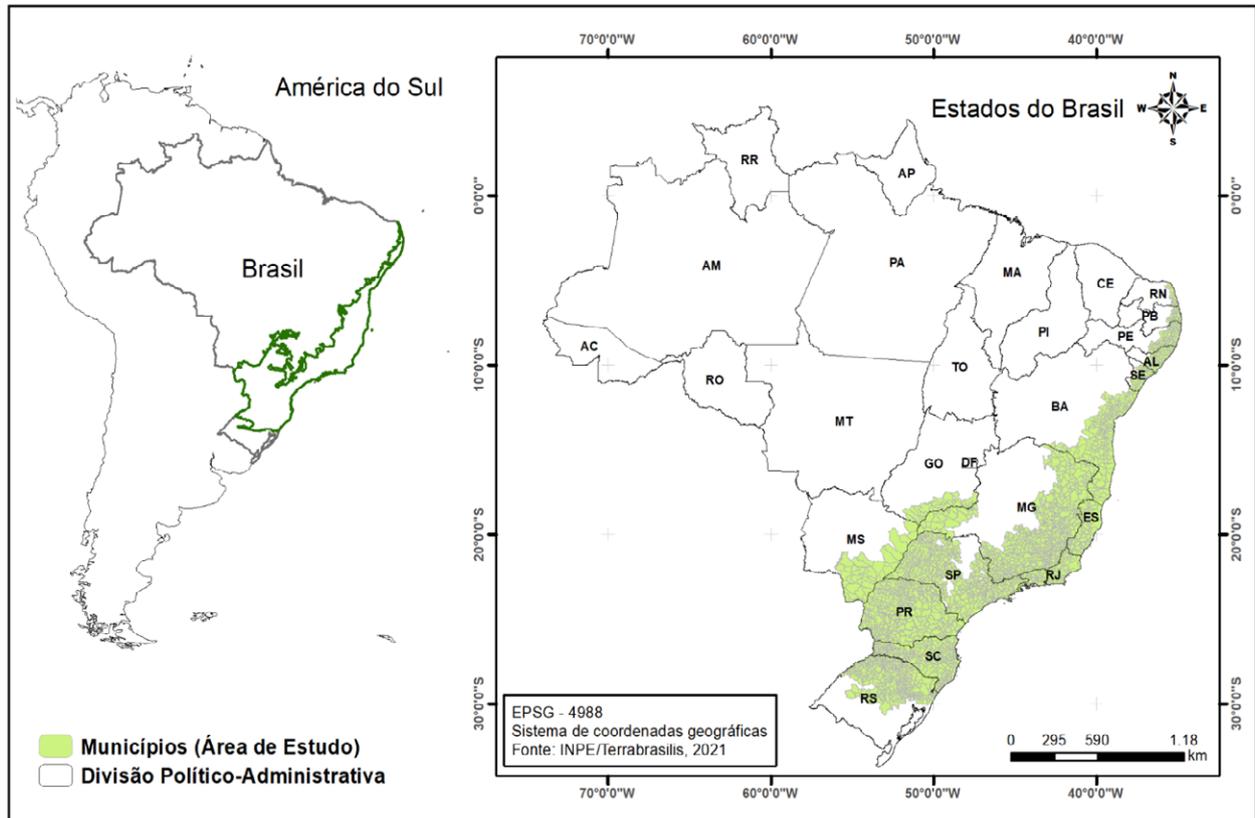
Área de Estudo

A área de estudo incluiu os 3.034 municípios localizados no Bioma Mata Atlântica, que ocupam áreas dos estados do Espírito Santo, Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina e parte dos municípios de Alagoas, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, São Paulo e Sergipe (Figura 1).

A Mata Atlântica tem a sua biodiversidade abundante, sendo considerada um dos ecossistemas mais complexos do mundo e habitat para diversas espécies de animais. Além disso, os 1.110.182 km² de área de domínio do bioma abrigam aproximadamente 70% da população brasileira (Santos et al. 2020). Mesmo assim, ainda compreende um vasto conjunto de espécies florísticas localizadas na faixa litorânea, entre o estado do Rio Grande do Norte até o estado do Rio Grande do Sul, representadas, principalmente, pela Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual (Almeida 2016).

De acordo com o MMA (2010) a vegetação nativa da Mata Atlântica ocupa atualmente, apenas 27% de sua área original, incluindo-se neste percentual, áreas florestais em todos os estágios de regeneração, campos naturais, restingas, manguezais e outros tipos de vegetação nativa.

Figura 1. Localização da área de estudo: municípios abrangidos pelo Bioma Mata Atlântica.



Fonte: Produção dos próprios autores (2022).

Fontes dos dados e das informações

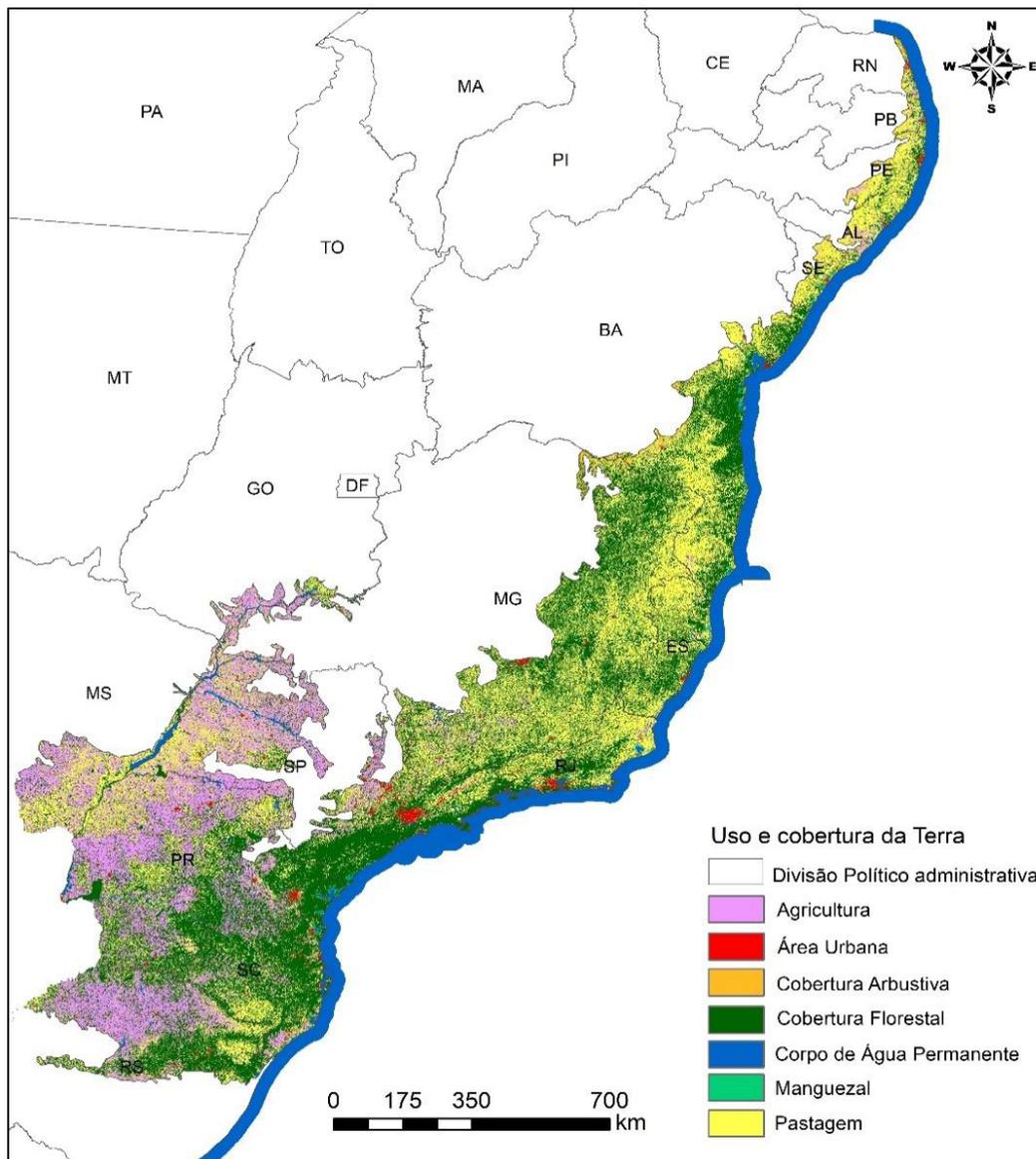
Os dados de uso e cobertura das terras foram obtidos do *site* do ESA *WorldCover*, do ano de 2020 - v100, seguindo os procedimentos descritos por Zanaga et al. (2021). Esses dados foram selecionados por serem os mais atualizados, dentre os dados disponíveis no site da ESA (Figura 2) e devido a qualidade de refinamento do produto cartográfico, com resolução espacial de 10 metros, superior a outras bases disponíveis, como as do MapBiomas e TerraBrasilis, por exemplo.

De acordo com Ghassemi et al. (2022), no projeto *WorldCover* da Agência Espacial Europeia (ESA), os dados do satélite foram obtidos para todo o mundo, possibilitando o refinamento de um mapa de todos os continentes, com 11 classes de uso e cobertura da terra, dentre as quais foram consideradas neste estudo, como áreas de desmatamento, as classes referentes a agricultura, a pecuária e as áreas urbanas.

Os dados da ESA *WorldCover* 10 foram convertidos em arquivo *shapefile* e associados, por meio de ferramentas de manipulação espacial, utilizando o *software* de Sistema de Informações Geográficas QGIS aos dados dos vetores dos municípios. As informações foram organizadas em um banco de dados e a estatística espacial foi realizada no *software* TerraView, versão 4.2.2, do Instituto Nacional

de Pesquisas Espaciais (INPE), correspondendo a 99 permutações, A elaboração final dos mapas temáticos foi realizada no ArcMap, versão 10.1, gratuita para estudantes. É importante referir que o valor de permutações utilizado permite adequar os dados a uma distribuição normal, o que garante inferências mais adequadas aos dados.

Figura 2. Uso e cobertura das terras na Mata Atlântica, ano de 2020.



Fonte: Produção dos próprios autores. Dados da ESA WorldCover de 2020.

Os limites dos municípios foram obtidos do *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2010). Os dados do número do rebanho bovinos e das áreas de cultivos agrícolas, temporários e permanentes foram obtidos do *site* do IBGE de recuperação automática (SIDRA/IBGE) do ano de 2020.

Estatística espacial

A estatística espacial para a análise dos padrões de desmatamento foi realizada por meio do Índice de Moran Global e Local, que é aplicado à análise de autocorrelação espacial (Pellenz et al. 2021) e permite verificar a relação existente entre áreas vizinhas (Fonseca e Aguiar 2020). O Índice de Moran Local foi proposto por Luc Anselin (Anselin 1995). De acordo com o autor, é um instrumento estatístico utilizado para analisar a existência de uma autocorrelação local. Assim, este índice avalia elementos espaciais que causem interferência no indicador Moran Global, evidenciando um padrão de distribuição característico (*cluster* ou agrupamento) agregado à localização geográfica. O Índice de Moran Local pode ser determinado como:

$$l_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j, \quad (1)$$

A soma de Moran local pode ser definida como:

$$\sum_i l_i = \sum_i z_i \sum_j w_{ij} z_j \quad (2)$$

Segundo Anselin (1995), as áreas definidas como aglomerados espaciais locais são identificadas como os locais ou agrupamentos de locais vizinhos para os quais há significância do Indicador Local de Associação Espacial (LISA). As disparidades dos dados, no caso dessa pesquisa, o desmatamento, são reveladas nos agrupados em áreas de *clusters*, ou seja, dos quadrantes: (Q1) indicando valor Alto-Alto do atributo analisado e média de seus vizinhos também elevada; Q2 indicando valor Baixo-Baixo do atributo e média de seus vizinhos também baixa; além dos quadrantes (Q3 – Alto-Baixo e Q4-Baixo-Alto) das áreas de transição, que considera a média dos valores das localidades vizinhas, com comportamento distinto (Nunes 2017).

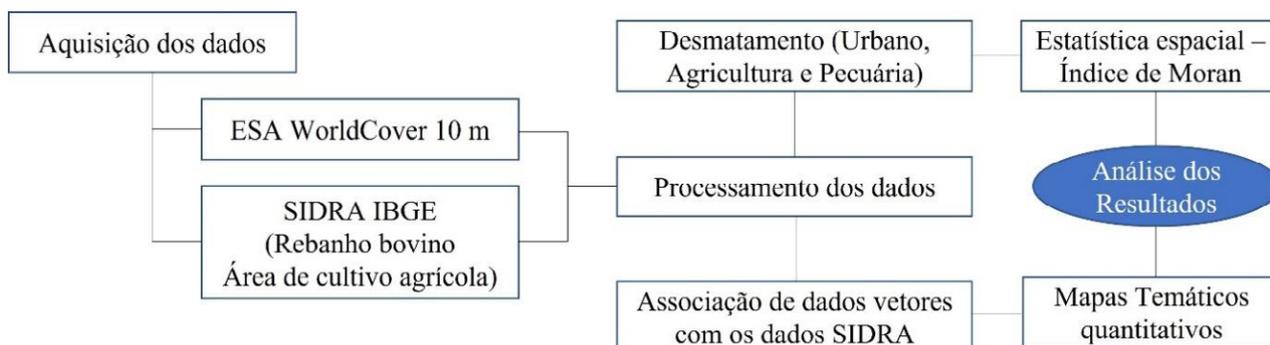
Assim, com a aplicação do Índice Local de Moran, a presença de valores expressivamente altos e positivos deixa visível um *cluster*. Além disso, o Índice de Moran é mensurado na escala que quantifica o desmatamento, em uma linear que varia de -1 a +1; os valores próximos de zero indicam a inexistência de autocorrelação espacial (Anselin 1995). Ao contrário, valores positivos indicam autocorrelação positiva, ou seja, de aglomerados de municípios com alto grau de desmatamento.

A análise dos resultados a partir do Índice de Moran Local foi realizada por meio de mapas de espalhamento, de acordo com Nunes (2017). Desta forma, tornou-se mais fácil a identificação dos agrupamentos e da análise de áreas que estejam em desacordo com o padrão espacial, permitindo a constatação de *outliers* (Anselin 1995).

Por sua vez, o Índice de Moran Local testa a autocorrelação local, a fim de identificar objetos espaciais com influência no Indicador Moran Global. Essa metodologia considera a análise das covariâncias entre as diferentes unidades de área (Vieira e Mendonça 2022).

Para efeito de comparação com as principais atividades indutoras do desmatamento, foram elaborados mapas temáticos do quantitativo do número de bovinos e da área de cultivos agrícolas (temporários e permanentes). Os mapas foram confeccionados sob regras da cartografia temática, conforme Sampaio e Brandalize (2018). A síntese da metodologia consta no fluxograma da Figura 3.

Figura 3. Síntese do fluxograma metodológico.



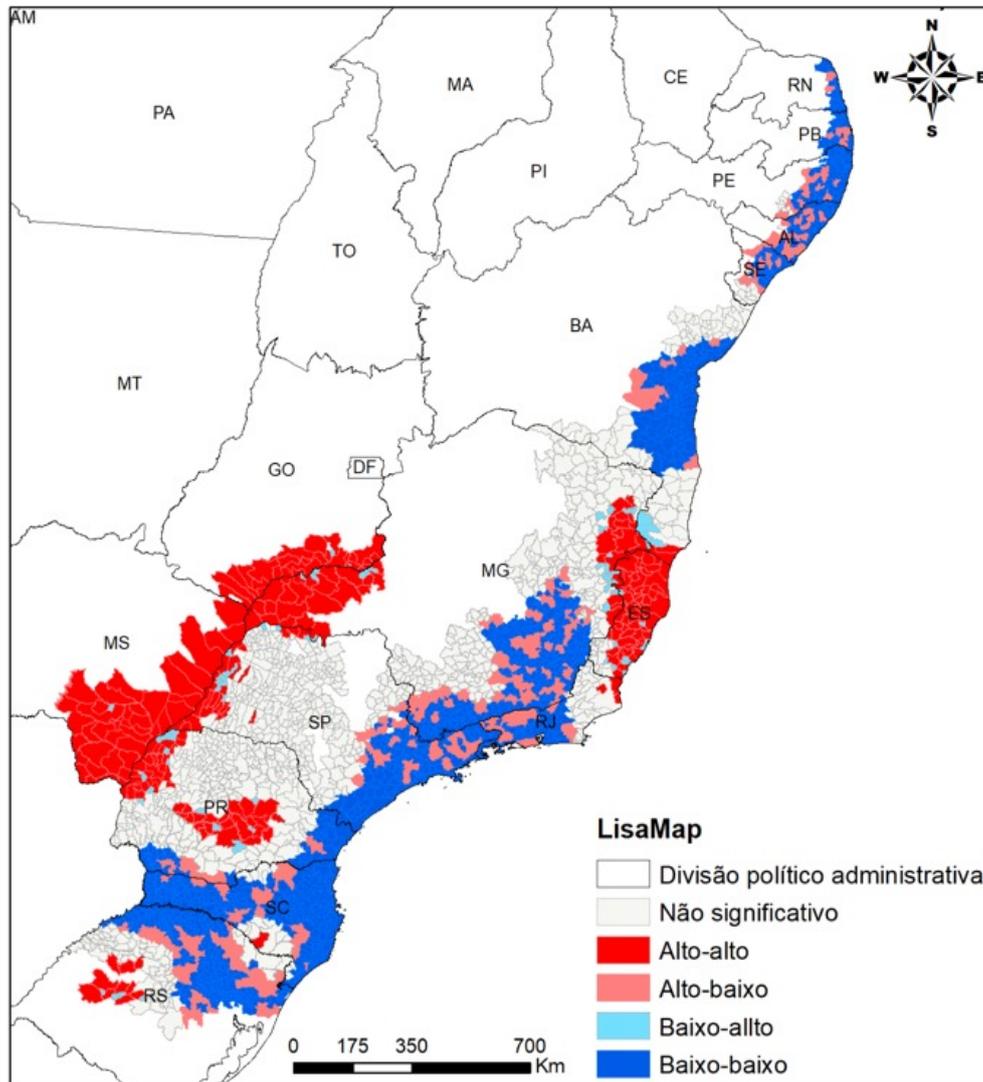
Fonte: Produção dos próprios autores (2022).

Resultados e discussão

A análise exploratória dos dados revelou uma área total de desmatamento, acumulada até o ano de 2020, de 785.940,58 km² nos 3.034 municípios considerados neste estudo. O projeto MapBiomas, referindo-se também ao acúmulo do desmatamento na Mata Atlântica até o ano de 2020, revelou uma área 772.035,04 km², portanto apresentando uma diferença de 13.905,54 km² em relação aos dados mapeados pela ESA. Essa variação pode estar associada à diferença no tamanho do pixel das imagens utilizadas nos dois projetos, e que por sua vez pode influenciar na subestimação do tamanho da área mínima mapeada.

Além disso, nesta pesquisa, o tamanho médio das áreas desmatadas foi de 259,04 km². A menor área de desmatamento foi identificada no município de Barro Preto, estado da Bahia. Por outro lado, Três Lagoas, no estado do Mato Grosso do Sul, foi o município com maior área desmatada. Inclusive, o estado de Mato Grosso do Sul foi o estado com municípios com maiores áreas desmatadas.

A estatística espacial, subsidiada pelo Índice de Moran, apresentou valor de 0,49 e p-valor 0,01, com quatro grandes agrupamentos para municípios com áreas de desmatamento com significância estatística de associação espacial Alto-Alto. Desses, 248 municípios estão associados em agrupados nos estados: do Rio Grande Sul, porção centro-oeste; Paraná, porção central; Goiás, porção sudeste; Mato Grosso do Sul, porções leste e sul; Minas Gerais, região do Triângulo Mineiro e; na faixa litorânea do país, formado por municípios do estado do Espírito Santo, ambos destacados em vermelho no LISA Map, que é apresentado na Figura 4.

Figura 4. Índices de autocorrelação espacial do desmatamento no Bioma Mata Atlântica (2020).

Fonte: Produção dos próprios autores.

Por outro lado, na Região Nordeste não foram identificados agrupamentos de municípios com áreas de desmatamento e significância estatística. Pelo contrário, foram identificados agrupamentos de municípios com associação espacial baixo-baixo para o desmatamento, especialmente no extremo sul da Bahia. Este fato também foi observado em diversos setores da costa litorânea do nordeste brasileiro, estado de Santa Catarina, litoral sul de São Paulo, litoral norte do Paraná, porção norte do Rio Grande do Sul e porção central do Rio de Janeiro. Todas estas regiões apresentaram histórico de desmatamento iniciado ainda no período colonial, de forma desassociada.

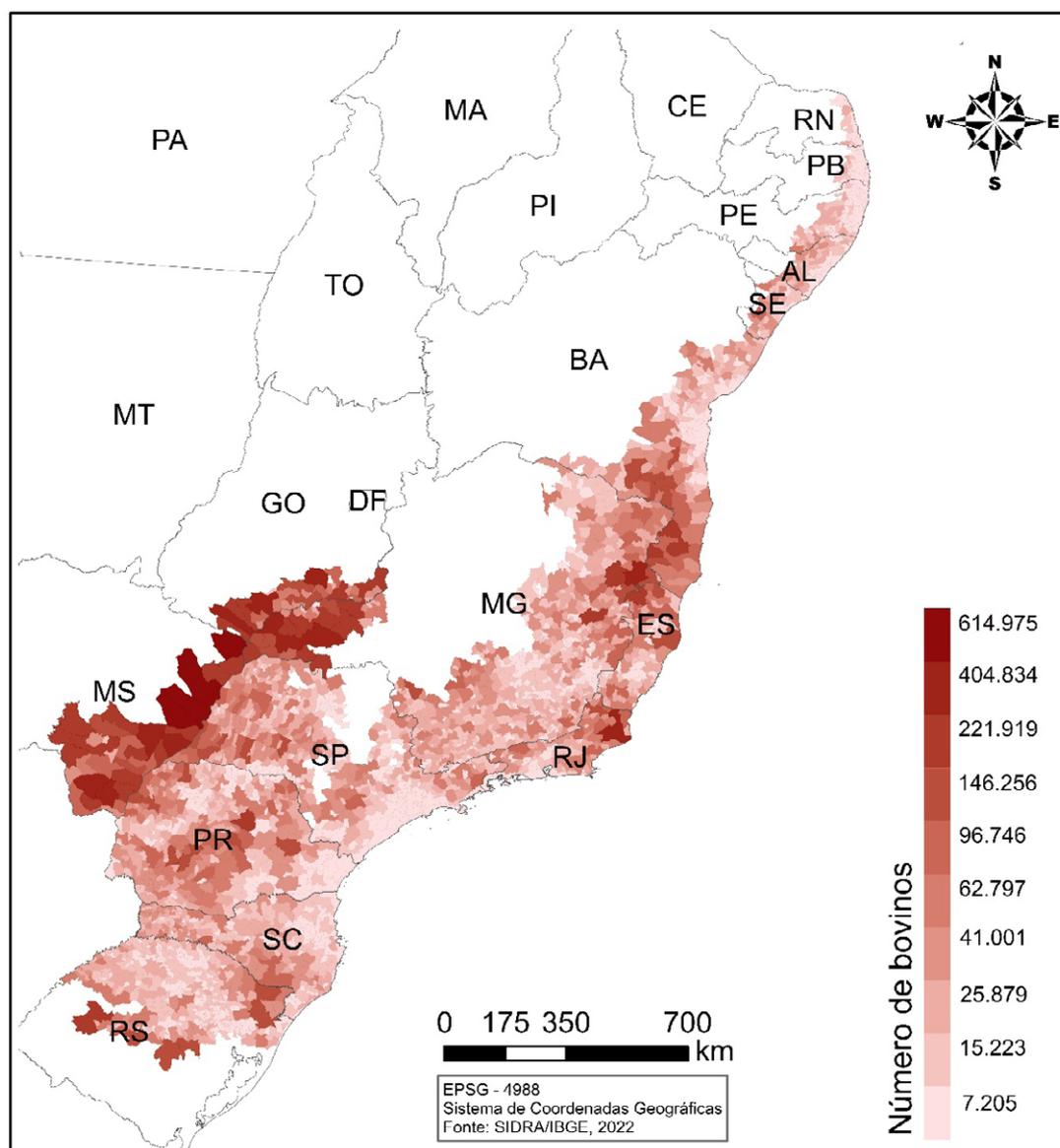
De acordo com Gelain et al. (2012), o desmatamento no Brasil é considerado uma questão histórica e cultural, pois iniciou-se no período colonial com a exploração do Pau Brasil, seguido pelos ciclos da cana do açúcar, café e ouro e, atualmente, pelo incentivo do governo ao agronegócio e à especulação do preço da terra.

A afirmativa de Gelain et al. (2012) corroboram os resultados observados neste estudo. Do mapa gerado na Figura 4, verifica-se que os agrupamentos com maiores números de municípios, com áreas desmatadas até o ano de 2020, situados nos estados do Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais estão associados ao

agronegócio. Ademais, Davis et al. (2019) haviam observado que o aumento das áreas de pastagem, está relacionado, negativamente, com a quantidade de florestas convertidas em pasto. Assim, estes três estados, com maiores agrupamentos de municípios com desmatamento, estão presentes no *ranking* dos municípios com maiores efetivos de rebanhos bovinos do Brasil, segundo o IBGE (2020).

Desta forma, e partindo do pressuposto que o desmatamento tem forte relação com as atividades pecuárias, foi elaborado o mapa da Figura 5. Neste mapa é possível observar que, nos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás, a relação é direta entre o desmatamento por agrupamentos de municípios e o número de bovinos.

Figura 5. Número de bovinos nos municípios onde se mapeia a Mata Atlântica (ano de 2020).



Fonte: Produção dos próprios autores a partir de dados do IBGE.

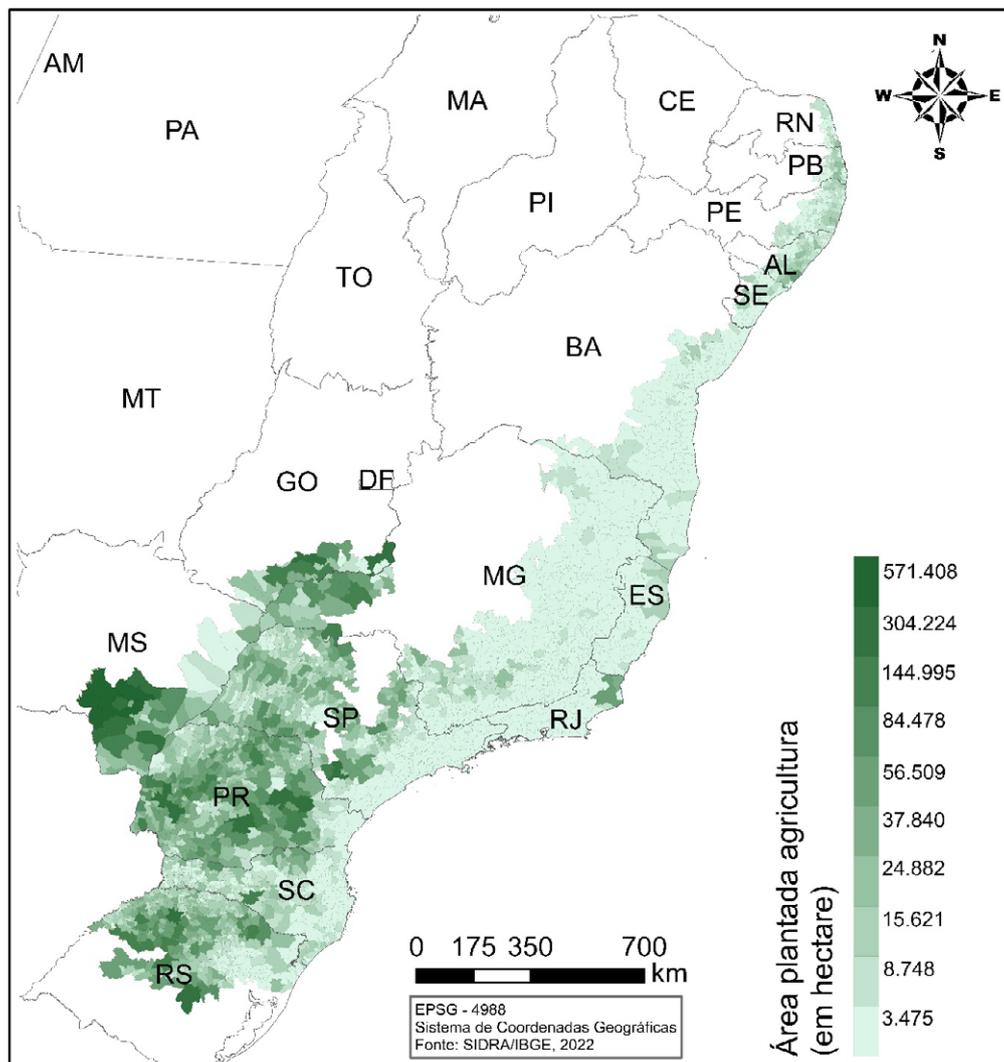
Observa-se, também, números expressivos de bovinos nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Isso ocorre porque, segundo Young (2012), a pecuária extensiva persiste como uma das principais formas de ocupação de terra no Brasil.

No estado de Minas Gerais, Rezende (2016) vincula o desmatamento da Mata Atlântica ao crescimento da agropecuária e das atividades de mineração. Minas Gerais, apesar de anos de explorações minerais, ainda apresenta uma expressiva produção mineral no país, com perspectivas promissoras de expansão da produção (Rezende 2016).

No caso do estado de Goiás, em sua porção sudeste, onde se mapeia a Mata Atlântica, Carneiro et al. (2020, p. 73) afirmaram que “quanto ao uso e ocupação da terra e cobertura vegetal, a pastagem foi a classe que apresentou maior percentual de ocupação”. São áreas essencialmente destinadas à criação de gado bovino. No caso do estado do Mato Grosso do Sul, este também tem boa parte de sua economia voltada para a agropecuária, sendo um setor de grande expressão para a economia local.

Dados censitários apontam que 80,76% dos municípios do Mato Grosso do Sul tem o PIB do agronegócio *per capita* maior que o PIB *per capita* da indústria, sendo a agropecuária um agente impulsionador no setor econômico e de serviços no estado (SEMAG 2015 *apud* Wolf et al. 2019). A Figura 6 apresenta o *ranking* das áreas plantadas para cultivo de lavouras temporárias e permanentes, ou seja, dos produtos agroexportadores por municípios situados na região do Bioma Mata Atlântica.

Figura 6. Área plantada de produtos agroexportadores nos municípios onde está estabelecida a vegetação de Mata Atlântica (ano de 2020).



Fonte: Produção dos próprios autores a partir de dados do IBGE.

É possível observar a relação com as áreas de *clusters* mapeadas (Figura 4) em municípios com maiores áreas desmatadas, especialmente nos estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Rio Grande do Sul e Paraná. Adicionalmente, é observado, mediante aos dados do IBGE, que o Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e Goiás estão no *ranking* dos estados com as maiores áreas plantadas destinadas à colheita de produtos agroexportadores. O índice de desmatamento na região do Rio Grande do Sul ocorre devido ao elevado número de solos expostos destinados ao preparo para cultivo agrícola (Facco et al. 2016).

Conforme Mourão (2021), o Brasil está em segundo lugar no mercado de exportações de soja do mundo, e a região Centro Oeste agrupa grande parte da produção. Seixas (2015) menciona que o estado de Goiás teve um expressivo crescimento no cultivo de soja, tornando o terceiro estado na produção brasileira. Com isso, houve uma apropriação e intensificação das atividades agrícolas, resultando na implantação de novas rodovias, núcleos urbanos e programas de concessão de créditos agrícolas e, consequentemente, de incremento ao desmatamento (Ribeiro et al. 2019).

No Paraná, Vieira e Mendonça (2022), ao utilizarem a mesma metodologia aplicada neste estudo, observaram que a existência de autocorrelação espacial e a presença de *clusters* significativos em algumas regiões do estado, na variação de remanescentes da Mata Atlântica e das variações da atividade agropecuária, indicam que, possivelmente, o desmatamento em determinada localidade afeta o desmatamento em municípios vizinhos. Segundo estes autores (op. cit. 2022), o estado do Paraná ocupa a terceira posição no *ranking* de estados com maior nível de desmatamento do Bioma Mata Atlântica, o que possivelmente justifica seus valores altos de correlação espacial. No entanto, as mesorregiões Centro-Sul e Sudeste do país são ainda as maiores detentoras dos remanescentes da Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como mata de araucária (Vieira e Mendonça 2022).

Para Ziani et al. (2019), na porção central do estado do Rio Grande do Sul, os agrupamentos de municípios com grandes áreas de desmatamento se associam com extensas áreas agrícolas (Figura 6). Apesar disso, a Figura 5 revela municípios com grande número de bovinos. Isso evidencia a vocação do uso da terra para práticas da pecuária, como verificado por Rademann et al. (2019).

Como mencionado anteriormente, outro estado que também apresentou agrupamento expressivo de municípios, com áreas de desmatamento com significância estatística alta-alta, foi o do Espírito Santo. Porém, não se identificou um estudo de autocorrelação espacial, o qual analisasse o desmatamento em todos os municípios do Espírito Santo onde se mapeia a vegetação de Mata Atlântica. Apesar disso, os estudos de Fiorese e Leite (2018), Fiorese e Nascimento (2019), Silva et al. (2020) e Fiorese (2021) revelaram maior proporção de pastagens e áreas agrícolas em relação as áreas dos municípios inseridos no Bioma Mata Atlântica. Outros estudos constataram as expressivas áreas de cultivos agrícolas temporários (Lopes et al. 2014; Aguilar e Fiorese 2019; Fiorese e Nascimento 2019).

É evidente que o fenômeno da “peculiarização” na Mata Atlântica revela investimentos de projetos para a expansão dessa atividade econômica no Brasil. Segundo Harfuch et al. (2016), estima-se que, entre 2010 a 2013, as áreas alocadas para as pastagens passaram de 19% para 23% de todo o território nacional, o que representa entre 164 a 198 milhões de hectares convertidos.

Desta forma, comparado a outros biomas, “os projetos de intensificação produtiva na Mata Atlântica são os que possuem maiores taxas de retorno sobre o investimento, para todos os níveis de produtividade considerados, podendo atingir até 32%” (Harfuch et al. 2016, p. 14). Isso revela a rentabilidade da pecuária, a qual tende a crescer, em alguns estados da região Centro-Oeste e Sudeste.

Contudo, segundo o MapBiomas, a área de pastagem tem se reduzido no estado do Rio Grande do Sul, enquanto a agricultura tem se expandido neste estado, nos últimos anos.

Algumas pesquisas revelam que a retirada da floresta não é influenciada apenas pela agropecuária (Valentini et al. 2012; Rezende 2016; Vieira e Mendonça 2019), mas também, por exemplo, pela variável econômica, em especial o crédito rural agrícola (Trigueiro 2019).

Assim sendo, para novos estudos recomenda-se a complementação de dados e informações de variáveis explicativas do fenômeno do desmatamento, especialmente a partir do novo censo agropecuário e demográfico, este último, está prestes a ser publicado. Outros dados, como aqueles fornecidos pelo Banco Central, referentes ao crédito para atividades no campo, dados de variáveis físicas, como formas de relevo e climáticos, dados sobre retirada de madeira, associados a modelos de regressão para medir variações espaciais e relação que podem existir entre essas variáveis, explicam de forma mais fidedigna a ocorrência do desmatamento no espaço e no tempo.

Conclusão

A pesquisa relevou os padrões espaciais do desmatamento que ocorreu no Bioma Mata Atlântica até o ano de 2020. Assim, conclui-se que existem quatro grandes agrupamentos de municípios com áreas de desmatamento acumulado até o referido ano, com significância estatística. Por outro lado, é possível concluir que a preservação na área do Bioma Mata Atlântica ocorre em agrupamentos de municípios na porção sul e extremo sul da Bahia.

Os agrupamentos de municípios com áreas desmatadas se manifestam de forma contínua nos estados de Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Espírito Santo e de forma isolada nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Adicionalmente, foi possível concluir que os *clusters* de municípios com áreas desmatadas apresentam relação com municípios com maiores números de rebanhos bovinos e áreas plantadas com lavouras temporárias e permanentes. Assim, é evidente que a pecuária ainda apresenta relação direta com o desmatamento, especialmente em estados como Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Espírito Santo. Isto demonstra a possível utilização desta prática para a abertura de novas frentes das atividades agropecuárias. Entretanto, recomenda-se em pesquisas futuras, aplicar metodologias complementares para avaliar outros motivadores do desmatamento no Bioma Mata Atlântica. Inclusive, para pensar uma análise espacial que revele como foi a dinâmica de transição de área natural para os demais usos, por meio de análises multitemporais.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal do Sul da Bahia pela bolsa de iniciação científica, processo número PIE922-2021.

Participação dos autores: POG- Conceituação, Curadoria de dados, Análise formal, Metodologia e Redação – rascunho original; MSF - Análise formal, Metodologia e Redação – rascunho original; AMS - Captação de recurso, Administração de Projeto, Conceituação, Curadoria de dados, Análise formal, Metodologia e Redação – revisão e edição; FGN - Metodologia e Redação – revisão e edição.

Aprovação ética: A pesquisa não necessitou de aprovação em comitê de ética, conforme regras da instituição que se associa.

Disponibilidade dos dados: os autores esclarecem que a universidade que se vincula a pesquisa não dispõe de repositório de dados de pesquisas e/ou plataforma digital de armazenamento de informações. Contudo, os mesmos podem ser fornecidos mediante solicitação via e-mail.

Fomento: A pesquisa contou com fomento do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), processo número PIE922-2021/UFSB.

Conflitos de interesse: Não se aplica.

Referências

- Aguilar TO, Fiorese, CHU. 2019. Uso e ocupação do solo de duas sub-bacias hidrográficas no município de Domingos Martins, estado do Espírito Santo. Caderno de Ciências Agrárias 11(1):1-10. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2019.15958>
- Almeida DS. 2016. Recuperação ambiental da Mata Atlântica, Editus, n. 3. Ilhéus: Editus, 200 p.
- Anselin L. 1995. Local indicators of spatial association - LISA. Geographical Analysis, v. 27, n. 2, p. 93-115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Carneiro GF. 2019. Mapeamento do incremento de cobertura florestal no estado do Espírito Santo utilizando dados multisensores e aprendizado de máquina. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Cartográfica. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 102 p.
- Carneiro ES, Martins, A P, Guilherme, F A G. 2020. Caracterização ambiental, uso e ocupação do solo entre os anos de 1985 e 2015, em região no sul do estado de Goiás. Geoambiente On-line, Jataí - GO, v. 1, n. 38, p. 62-83, 2020. <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.i38.62928>
- Da Fonseca SF, De Aguiar HH. 2019. Autocorrelação espacial entre indicadores socioeconômicos nos vales do Jequitinhonha e Mucuri. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), v. 23, n. 3, p. 619-639. 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2019.137849
- Davis JL, Lima CG, Gracia RA, Nascimento B A. 2019. Modelling drivers of Atlantic Forest dynamics using geographically weighted regression. Revista GEOgrafias, v. 27, n. 2, p. 107-126. <https://doi.org/10.35699/2237-549X%20.2019.19890>
- Facco DS, Benedetti ACP, Pereira Filho W, Kaiser EA, Osto JVD. 2016. Geotecnologias para monitoramento florestal no município de Nova Palma-Rio Grande Do Sul-BR. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 417-426. <https://doi.org/10.5902/2236117019946>
- Fiorese CHU. 2021. Dinâmica do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Fruteiras, estado do Espírito Santo, Brasil. Labor&Eng., Campinas, SP, v.15, p.1-12. <https://doi.org/10.20396/labore.v15i00.8659875>.
- Fiorese CH, Nascimento W. 2019. Mapeamento do uso das terras da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Amaro, no Sul do estado do Espírito Santo. Enciclopédia Biosfera, v. 16, n. 29. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2019A84
- Fiorese CH, Leite V. 2018. Dinâmica do uso e cobertura do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Estrela do Norte no município de Castelo, estado do Espírito Santo. Agrarian Academy, v. 5, n. 10. https://doi.org/10.18677/Agrarian_Academy_2018B6
- Gelain AJL, Lorenzetti DB, Neuhaus M, Rizzatti CB. 2012. Desmatamento no Brasil: um problema ambiental. Revista Capital Científico – Eletrônica (RCCe), Guarapuava, v. 10, n. 1.
- Ghassemi B, Dujakovc A, Žóhtak M, Immitzer M, Atzberger C, Vuolo F. 2012. Designing a European-Wide Crop Type Mapping Approach Based on Machine Learning Algorithms Using LUCAS Field Survey and Sentinel-2 Data. Remote Sensing, v. 14, n. 3, p. 541. <https://doi.org/10.3390/rs14030541>
- Harfuch L, Palauro G, Zambianco W. 2016. Análise econômica de projetos de investimentos para expansão da produção pecuária. São Paulo: INPUT/ AGROICONE.

- Hoang NT, Kanemoto K. 2021. Mapping the deforestation footprint of nations reveals growing threat to tropical forests. *Nature Ecology & Evolution*, v. 5, n. 6, p. 845-853. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01417-z>
- Lima RAF, Oliveira AA, Pitta GR et al. 2020. The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Nature communications*, v. 11, n. 1, p. 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20217-w>
- Lopes PR, Araújo KCS, Lopes IM, Rangel RP, Santos NFF, Kageyama FY. 2014. Uma análise das consequências da cafeicultura convencional e das opções de modelos sustentáveis de produção – agricultura orgânica e agroflorestal. *Revista Espaço de Diálogo e Desconexão, Caminas*, v. 8, p. 1-38. <https://doi.org/10.32760/1984-1736/REDD/2014.v8i2.6912>
- MapBiomass. O Projeto. [s. 2.], 2020. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- Martins Felipe et al. 2021. Mata Atlântica: Da formação original à fragmentação e o atual estado de conservação em Santa Catarina. *Estrabão*, v. 2, p. 188-191. <https://doi.org/10.53455/re.v2i.45>
- Meng B, Wang J, Zhang W. 2005. Evaluation of regional disparity in China based on spatial analysis. *Scientia Geographica Sinica*, v. 25, n. 4, p. 393. <https://doi.org/10.13249/j.cnki.sgs.2005.04.393>
- Mitchard ET. 2018. The tropical forest carbon cycle and climate change. *Nature*, v. 559, n. 7715, p. 527-534. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0300-2>
- Mourão R, DA Silva Lino EN. 2021. Expansão agrícola no cerrado: o desenvolvimento do agronegócio no estado de Goiás entre 2000 a 2019. *Caminhos de Geografia, [S. l.]*, Uberlândia, v. 22, n. 79, p. 01–17. <https://doi.org/10.14393/RCG227951217>
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Biodiversidade Brasileira. Brasília, DF: [MMA], 2002.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Mata Atlântica. Patrimônio Nacional dos Brasileiros. Brasília, DF: 2010.
- Nunes FG. 2017. Território digital: detecção dos padrões espaciais da desigualdade socioterritorial do município de Aparecida de Goiânia–GO. 2017. *Ateliê Geográfica, Goiânia*, v. 11, n. 2, p. 112-129. <https://doi.org/10.5216/ag.v11i2.40137>
- Pellenz JLV, De Almeida M, Silva VL. 2021. Eficiência técnica agropecuária e desmatamento: análise espacial para a Amazônia legal brasileira. *Estudios económicos*, v. 38, n. 77, p. 119-146.
- Rademann LK, Trentin R, Souza RLE de. 2019. Série histórica do uso e ocupação da terra no Município de Cacequi–RS de 1986 a 2016. *Revista de Geografia-PPGEO-UFJF, Juiz de Fora*, v. 9, n. 1, p. 34-49. <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2019.v9.29256>
- Rezende VL. 2016. A mineração em Minas Gerais: uma análise de sua expansão e os impactos ambientais e sociais causados por décadas de exploração. *Sociedade & Natureza*, v. 28, p. 375-384. <https://doi.org/10.1590/1982-451320160304>
- Ribeiro HF de; Faria KMS de; Cezare, CHG. 2019. Dinâmica espaço-temporal do desmatamento nos territórios da cidadania no nordeste goiano. *Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.]*, v. 12, n. 3, p. 1180-1196, jun. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.3.p1180-1196>.
- Sampaio TVM, Brandalize MCB. 2018. Cartografia geral, digital e temática. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Série Geotecnologias: teoria e prática. Disponível em: < <https://docs.ufpr.br/~tonysampaio/Cartografia%20Geral%20Digital%20e%20Tematica.pdf>>. Acesso em: 16 de fev. de 2023.
- Santos LD, Schlindwein SL, Fantini AC, Henkes JA, Belderrain MCN. 2020. Dinâmica do desmatamento da Mata Atlântica: causas e consequências. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, n. 3, p. 378-402. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e32020378-402>
- Santos AM, Silva CFA da, Almeida Junior PM, Rudke AP, Melo SN de. 2021. Deforestation drivers in the Brazilian Amazon: Assessing new spatial predictors. *Journal of Environment Management*, v. 294, p. 113020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113020>

Seixas W. 2022. Soja incrementa agronegócio em Goiás. DM/Opinião, 2015. Disponível em: <<https://www.dm.com.br/opinioao/2015/04/soja-incrementa-agronegocio-em-goias.html>> Acesso em: 8. abr. de 2022.

Silva GMADa, Fiedler NC, Silva EC, Ramalho AHC. 2020. Ocupação da terra e diagnóstico de degradação no Sul do Espírito Santo. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 16, n. 1, p. 45-51. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v16i1.1153>

Trigueiro WR, Nabout JC, Tessarolo G. 2020. Uncovering the spatial variability of recent deforestation drivers in the Brazilian Cerrado. Journal of Environmental Management, v. 275, p. 111243. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111243>

Trigueiro WR. 2019. Variação espacial dos fatores que direcionam o desmatamento do cerrado. 2019. (Mestrado) Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais do Cerrado, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis. 51 p.

Valentini IA, Ferreira APNL, Gozzi MP, Ferreira ML. 2012. Impacto ambiental por desmatamento e soterramento na Mata Atlântica: um estudo de caso no entorno da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Exacta, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 115-121. <https://doi.org/10.5585/Exacta.v10n1.3135>

Veldkamp E, Schmidt M, Powers J S, Corre MD. 2020. Deforestation and reforestation impacts on soils in the tropics. Nature Reviews Earth & Environment, v. 1, n. 11, p. 590-605. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0091-5>

Vieira M, Mendonça YCM. 2022. Desmatamento da Mata Atlântica paranaense: análise espacial para o período 2014 e 2019. Revista Catarinense de Economia, v. 5, n. 1, p. 46-57. <https://doi.org/10.54805/RCE.2527-1180.v5.n1.106>

Wolf R, Rodriguez AMB, Medeiros DF, Teixeira EC. 2019. Estimativa da curva de Kuznets ambiental para o estado de Mato Grosso do Sul. Investig. Agrar, p. 124-135. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2019.diciembre.124-135>

Young CEF 2012. Desmatamento e desemprego rural na Mata Atlântica. Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 75-88.

Zanaga D, Van De Kerchove R, De Keersmaecker W, et al. 2021. ESA WorldCover 10m 2020 v100. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>

Ziani P, Facco DS, Foletto EM 2019. Análise multiespacial do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Alto Jacuí: período de 1987 e 2018. Geografia Ensino & Pesquisa, v. 23, p. e46. <https://doi.org/10.5902/2236499439734>



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.