

Anistia e reconfiguração espacial do desmatamento na Amazônia Legal: evidências para 2008, 2012 e 2024

Amnesty and Spatial Reconfiguration of Deforestation in the Legal Amazon: Evidence for 2008, 2012 and 2024

Gabriel Branco de Almeida Santos

Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, São Paulo (SP), Brasil

Angel dos Santos Fachinelli Ferrarini

Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, São Paulo (SP), Brasil

GT 04 – Meio ambiente, agroecologia, sustentabilidade e mudanças climáticas

Resumo: Este artigo investiga se a anistia ambiental instituída pelo Novo Código Florestal de 2012 alterou a estrutura espacial do desmatamento na Amazônia Legal, analisando os anos de 2008 (marco da anistia), 2012 (aprovação da lei) e 2024 (ano recente). Utilizou-se a taxa de perda florestal proporcional ao estoque remanescente por município, calculada com dados do MapBiomias (Coleção 10), e aplicaram-se as estatísticas de autocorrelação espacial I de Moran global e local para identificar padrões de agrupamento. Os resultados indicam que, embora o número de clusters Alto-Alto tenha se reduzido de 78 municípios em 2008 para 50 em 2024, a dependência espacial permaneceu significativa em todos os períodos. Destacam-se 14 municípios, localizados no Maranhão e Pará, que se mantiveram persistentemente na classe Alto-Alto ao longo dos três anos, revelando núcleos territoriais de elevada pressão relativa sobre a floresta. Observaram-se picos de perda em 2012 e aumento expressivo das taxas em 2024 em áreas de ocupação mais antiga, sugerindo interiorização do desmatamento. Conclui-se pela necessidade de políticas territoriais diferenciadas que articulem comando e controle, considerando tanto os grandes polos absolutos quanto as áreas de intensa pressão relativa sobre os remanescentes florestais.

Palavras-chave: anistia ambiental, desmatamento, Amazônia legal, autocorrelação espacial.

Abstract: This article investigates whether the environmental amnesty established by the 2012 Brazilian Forest Code altered the spatial structure of deforestation in the Legal Amazon, analyzing the years 2008 (amnesty milestone), 2012 (law approval), and 2024 (recent year). A deforestation rate proportional to the remaining forest stock per municipality was used, calculated with data from MapBiomias (Collection 10), and global and local Moran's I spatial autocorrelation statistics were applied to identify clustering patterns. The results indicate that, although the number of High-High clusters decreased from 78 municipalities in 2008 to 50 in 2024, spatial dependence remained significant in all periods. Fourteen municipalities, located in Maranhão and Pará, persistently remained in the High-High class throughout the three years, revealing territorial nuclei of high relative pressure on forests. Peaks of forest loss were observed in 2012 and a significant increase in rates occurred in 2024 in older occupation areas, suggesting an interiorization of deforestation. We conclude that differentiated territorial policies are needed, articulating command and control measures while considering both large absolute deforestation hotspots and areas with intense relative pressure on remaining forests.

Keywords: environmental amnesty, deforestation, Legal Amazon, spatial autocorrelation

1. Introdução

O Código Florestal de 2012 (Lei 12.651/2012) representa um marco regulatório central para a governança ambiental e o uso da terra no país. Um de seus aspectos mais controversos foi a chamada "anistia" a proprietários rurais que desmataram Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RLs) antes de 2008 (Brasil, 2012). Um dos pontos centrais da anistia é a desoneração dos proprietários (especialmente de imóveis com até 4 módulos fiscais) do dever de restaurar as áreas ilegalmente desmatadas (Freitas Júnior e Silva, 2025). O que implica

em cerca de 21 milhões de hectares (78% em Reservas Legais) deixando de ser recuperados (Costa, 2016).

Segundo dados do MapBiomas (2025), o desmatamento na Amazônia Legal em 2008 atingiu uma área total de 2.035.656 hectares. Período que coincidiu com a criação do Fundo Amazônia, estabelecido para financiar ações de prevenção e monitoramento da floresta (Lemos; Silva, 2011). Em 2012, houve uma redução expressiva para 1.493.083 hectares, o que segundo Mello e Artaxo (2017) pode ser atribuído à eficácia de políticas públicas de comando e controle, como o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), e ao fortalecimento de sistemas de alerta em tempo real. Por fim, em 2024 a área total desmatada foi de 1.500.764 hectares, mantendo um patamar similar ao do início da década de 2010.

Embora os sistemas de monitoramento tenham desempenhado papel fundamental, as taxas de desmatamento na Amazônia apresentaram trajetória ascendente nos últimos anos. Segundo Nogueira et al. (2019), em 2016 o desmatamento foi 40% superior à média do período 2011-2015, em 2017 de 17% acima da média de 2012-2016 e, em 2018 cerca de 24% maior que a média registrada entre 2013-2017.

Para Sant'Anna e Costa (2021), o Código Florestal brasileiro está associado a 43% do aumento do desmatamento na Amazônia entre 2012 e 2017. Segundo os autores, ao contrário de anistias a proprietários de terras em nações desenvolvidas que incentivaram o cumprimento das leis, a anistia concedida no Brasil acabou por estimular comportamentos oportunistas. Além disso, a assimetria de informação entre os agentes de fiscalização e o governo, bem como políticas mais duras tendem a aumentar o desmatamento ilegal (Mendes e Filho, 2009).

As causas do desmatamento na Amazônia Legal são multifatoriais e estão profundamente ligadas às políticas desenvolvimentistas iniciadas nas décadas de 1960 e 1970 quando o governo buscou integrar a região ao restante do país por meio da redução do "vazio demográfico" (Carvalho e Domingues, 2016). Esse movimento foi acompanhado pela fragilidade do ordenamento territorial e das instituições, o que permitiu a disseminação da grilagem de terras, da especulação fundiária e de conflitos sociais, onde a supressão da mata nativa era frequentemente utilizada como evidência de posse. Associado a isso, fatores como alta de preços da carne bovina, crédito rural direcionado à pecuária incentivam a expansão da pecuária e do desmatamento (Hargrave e Kis-Katos, 2013).

O chamado "Arco do Desmatamento" é uma região histórica de ocupação concentrando os maiores índices acumulados de perda florestal e abrange as margens Sul e Leste da Amazônia

(Rivero et al., 2009). São regiões marcadas por uma forte correlação com as atividades agropecuárias, especificamente a expansão da pecuária bovina e da cultura da soja, que impulsionam a conversão de áreas florestais em pastagens e lavouras (Diniz et al., 2009).

A faixa de fronteira consolidada de desmatamento é caracterizada como uma região¹ que já teve a maior parte de sua cobertura florestal original removida (Rivero et al., 2009). Municípios nessas áreas costumam apresentar *clusters* de baixa eficiência técnica agropecuária, onde a produção ainda se baseia mais na expansão da área explorada do que em ganhos de produtividade, contribuindo para a pressão contínua sobre o meio ambiente (Pellenz et al. 2021). A análise exploratória espacial contribui para identificar a falsa indicação de preservação, uma vez que municípios consolidados podem apresentar índices reduzidos no desmatamento em termos de variação percentual recente, contudo, podem apresentar degradação ambiental avançada, uma vez que resta pouca floresta remanescente para ser explorada (Rossoni e Moraes, 2020).

Embora diversos estudos tenham analisado os determinantes do desmatamento com diferentes metodologias e marcos temporais (Ferreira e Coelho, 2015; Alves, 2021; Aranha e Bragagnolo, 2024), há uma lacuna especialmente quando se considera a interação espacial entre os municípios. O desmatamento não é um fenômeno isolado e suas dinâmicas frequentemente transbordam fronteiras administrativas. A análise de *clusters*, frequentemente realizada por meio de ferramentas de autocorrelação espacial como o I de Moran, tornam-se importantes para identificar que o desmatamento na Amazônia Legal não ocorre de forma aleatória, mas organiza-se em agrupamentos significativos que revelam a dinâmica da ocupação territorial (Carvalho; Domingues, 2016).

Diante disso, este artigo tem como objetivo principal identificar a persistência de *clusters* de desmatamento na Amazônia Legal em três momentos distintos, 2008, 2012 e 2024. A inquietação do estudo decorre da seguinte questão: A anistia ambiental de 2008 e o Novo Código Florestal de 2012 alteraram a estrutura espacial da taxa de perda florestal nos municípios da Amazônia Legal? A perda de floresta na Amazônia Legal apresenta padrões persistentes de autocorrelação espacial? O ano de 2008 é o marco institucional da Anistia, o ano de 2012 o ano de implementação do Novo Código Florestal e o ano de 2024 como ano recente de análise. Para a análise, constrói-se uma variável que mede a proporção da floresta

¹ Sudeste Paraense, o Sul do Mato Grosso, o Centro de Rondônia, o Leste do Maranhão e o Norte do Tocantins (Rivero et al., 2009).

remanescente convertida anualmente, permitindo uma análise comparativa da intensidade do desmatamento entre municípios com diferentes estoques florestais.

O presente artigo está distribuído em seis seções, sendo esta à primeira. A segunda seção apresenta os destaques sobre a Anistia e o Código Floresta. A terceira seção descreve algumas características da Amazônia Legal. A quarta seção exhibe a metodologia utilizada no estudo. A quinta seção analisa e discute os resultados e por último as considerações finais do estudo.

2. Anistia e Novo Código Florestal de 2012

Esta seção apresenta as principais características do Código Florestal Brasileiro de 2012. Contudo, é importante salientar que antes desse período o Brasil já possuía antecedentes institucionais importantes, especialmente a partir da década de 1930. O primeiro Código Florestal brasileiro foi instituído em 1934, durante a Era Vargas, estabelecendo os primeiros mecanismos federais de controle sobre a exploração dos recursos florestais e reconhecendo a vegetação como elemento de interesse público (Lins et al. 2022).

O marco de 1934 também refletiu o movimento de centralização estatal pós-1930 e o início de um processo de industrialização (como a siderúrgica e a metalúrgica). Como fonte de matéria-prima as mineradoras e madeireiras, o que se fez necessário regular o fornecimento destas no sentido de normatizar a exploração (Santos e Nunes-Filho, 2015). Assim, ainda que com foco inicial mais produtivista, esse período anterior estabeleceu as bases institucionais como o entendimento de que as florestas constituem “bem de interesse comum a todos os habitantes do país”² entre outros pontos como a isenção tributária e que posteriormente foram aprofundadas pelo Código de 1965.

O Código Florestal da Lei nº 4.771, de 1965 introduziu instrumentos como a exigência de manutenção de cobertura vegetal nativa em parte dos imóveis rurais, posteriormente consolidada na figura da Reserva Legal (RL), além da proteção de áreas ambientalmente sensíveis, que seriam posteriormente sistematizadas como Áreas de Preservação Permanente (APP). Embora o Código Florestal de 2012 tenha preservado os conceitos de APP e RL do código de 1965, a nova legislação alterou seus critérios de aplicação, com novas métricas condicionadas a diferentes tipologias fundiárias.

Segundo Roriz e Fearnside (2015), uma das inclusões foi a adoção do módulo fiscal, que é uma unidade de medida agrária originalmente criada para fins tributários (Lei nº 6.746/1979) e tem como parâmetro para definir as dimensões das áreas a serem protegidas. Essa

² Art. 1º do decreto nº23.793, de 23 de janeiro de 1934.

nova metodologia, condicionada ao tamanho da propriedade, resultou em uma significativa redução, em termos absolutos, da área total de recuperação exigida. Estimativas do impacto dessa mudança apontam para uma diminuição de 4,5 milhões de hectares em APPs e 16,3 milhões de hectares em RL (Soares-Filho et al., 2014).

Conforme discutem Chiavari e Lopes (2015), o Novo Código Florestal de 2012 instituiu um regime de transição específico para imóveis rurais que suprimiram ilegalmente a vegetação de APP e de RL antes de 22 de julho de 2008, com regras ainda mais brandas para pequenos produtores. Segundo a Lei nº 12.651, o limite de Reserva Legal na Amazônia Legal pode ser reduzido de 80% para 50% em casos específicos³ (Brasil, 2012). O mecanismo legal para essa transição, disposto no Capítulo XIII da lei, estabelece que a assinatura do termo de compromisso para a regularização da propriedade rural suspende a punibilidade por crimes ambientais previstos na Lei nº 9.605/1998 (Brasil, 2012).

Na prática, segundo Rajão et al. (2021), a legislação efetivou uma anistia de 58% do desmatamento ilegal ocorrido até 2008, proibindo novas autuações e suspendendo milhares de multas em tramitação, como os 28 mil autos por danos à flora, que somavam R\$ 4,8 bilhões, permitindo seu cancelamento futuro mediante a regularização ambiental em até 20 anos. Esse conjunto de medidas, portanto, gerou uma percepção de impunidade, o que é apontado como um consequente incentivo à continuidade do desmatamento ilegal.

Os efeitos do chamado "*bail out*" apresentam resultados heterogêneos, especialmente em países em desenvolvimento, conforme aponta Sant'Anna e Costa (2021). Os autores afirmam que o maior incentivo ao desmatamento ilegal, concebido pela anistia do Código Florestal de 2012, pode ter recaído sobre os proprietários que já estavam em conformidade com a lei, visto que como a anistia recompensou infratores sem beneficiar quem cumpriu as regras, esta pode ter criado um risco moral (*moral hazard*), incentivando o grupo legalista a ter comportamento oportunista e desmatar áreas ilegais, na expectativa de futuros perdões.

A validade da anistia do Código Florestal de 2012 tem sido alvo de disputas judiciais entre as instâncias estaduais e o Supremo Tribunal Federal (STF). Enquanto tribunais estaduais (como do Mato Grosso e de Minas Gerais) inicialmente declararam a inconstitucionalidade das regras por considerá-las um retrocesso ambiental, o STF reverteu essa visão em 2018 (Freitas Júnior e Silva, 2025). Ao julgar as Ações Diretas de Inconstitucionalidade sobre o tema, o STF validou o marco temporal de 2008 e o perdão a desmatamentos irregulares, ignorando o princípio do não retrocesso no âmbito dos direitos socioambientais (Freitas Júnior e Silva,

³ Em estados que tenham 65% de áreas protegidas ou terras indígenas em seu território.

2025). Assim, as alterações introduzidas pelo Código Florestal de 2012 e respaldadas pelo STF configuram um cenário normativo cujos efeitos sobre a dinâmica do desmatamento na Amazônia Legal serão explorados adiante, a partir da caracterização da região.

3. Caracterização regional

A Amazônia Legal é uma região que compreende uma delimitação geográfica associada à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), conforme estabelecido pela Lei Complementar nº 124, de 2007 (Brasil, 2007). Amazônia Legal é composta por 773 municípios, distribuídos entre os estados de Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Mato Grosso e parte do Maranhão, abrangendo aproximadamente 5,0 milhões de km², o que representa cerca de 59% do território nacional.

De maneira geral, a Amazônia Legal, nas porções sul e no nordeste do Estado de Roraima é coberta principalmente pela vegetação savânica, no chamado “coração da Amazônia” com predominância de floresta ombrófila densa⁴, enquanto no espaço entre essas duas regiões se estende uma longa faixa de floresta ombrófila aberta, que marca a transição entre os biomas Cerrado e Amazônia (Junior et. al, 2011).

Além da importância relacionada a biodiversidade, a Amazônia Legal despenha um papel relevante no contexto das mudanças climáticas, uma vez que as alterações nos ciclos de chuva influenciam a dinâmica das bacias hidrográficas. Consequentemente, esse processo causa impacto no cotidiano da sociedade e expõe comunidades a vulnerabilidades socioambientais (Merengo et al, 2011). Diante desses desafios, o termo “Área Protegida”⁵ foi conceituado na Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD) e é entendido como área destinada alcançar objetivos específicos de preservação, sendo que no Brasil, essa é uma das principais estratégias de conservação da biodiversidade. A região da Amazônia Legal é também essencial no que tange esse tema, concentrando um conjunto total de 1.053 áreas protegidas (correspondente a 2.336.499,08 km² de área territorial), equivalente a 46,6% da área total da Amazônia Legal e 27,5% do território nacional (IBGE, 2025).

Segundo dados do Censo Demográfico (IBGE, 2022), a população residente na Amazônia Legal corresponde a 13,1% do total em território nacional, abrigando cerca de 26,7 milhões de pessoas. O estado mais populoso é o Pará com 30,5% da população total da

⁴ possui uma vegetação densa em todos os estratos (arbóreo, arbustivo, herbáceo e lianas) (SFB, 2025).

⁵ Artigo 2 da Convenção “*Protected area*” means a geographically defined area which is designated or regulated and managed to achieve specific conservation objectives” (CBD, 2006).

Amazônia Legal, em seguida, na segunda e terceira colocação se encontra o estado do Maranhão, com 21,2%, e Amazonas, com 14,8%. Juntos, os três estados correspondem a mais de 66% da representatividade populacional da região, com cerca de 17,7 milhões de pessoas, a região contempla 368 diferentes etnias, povos ou grupos indígenas, sendo que o Brasil apresenta 391 grupos distintos, logo, grande parte deles estão na Amazônia Legal (IBGE, 2022).

Em relação a qualidade de vida dos indivíduos residentes na Amazônia Legal, Ferraz et al. (2025) buscaram mensurar a eficiência social da região estimando um índice que avalia o desempenho das regiões em converter gastos sociais e riqueza econômica em desempenho de indicadores socioambientais por meio do método *Data Envelopment Analysis* (DEA), utilizando como base de dados o Censo Demográfico de 2019. Os resultados do estudo demonstram que o Acre e o Tocantins possuem os maiores níveis de Índice de Eficiência Social (IES), com valores iguais a 0,57 e 0,52, respectivamente, e os piores Estados nesse ranking foram Roraima (0,09) e Amazonas (0,10). Enquanto a região abriga 13,1% dos habitantes e corresponde a 59% de todo o território nacional, o Produto Interno Bruto (PIB) representa 8,9% do total. Portanto, o nível de renda gerada na região não acompanha sua dimensão territorial e demográfica.

De maneira complementar, o estudo da dinâmica das fronteiras agrícolas⁶ e conflitos regionais na Amazônia Legal deve ser levado em consideração ao se caracterizar a região. Nesse sentido, os artigos de Aracri (2022), Otoni e Scoleso (2025) e Santos et al. (2025) tratam das modificações e os processos por trás do avanço da fronteira agrícola sobre o território da Amazônia Legal, conflitos relacionados ao neoextrativismo e interesses agrícolas, além de análises acerca da mineração ilegal como vetor do desmatamento e disputas territoriais.

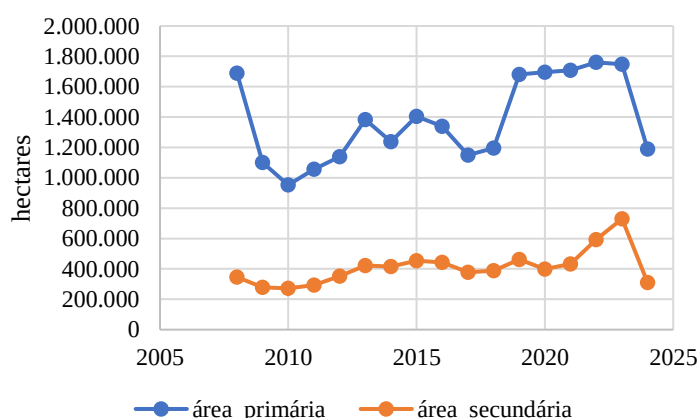
Segundo Aracri (2022), a expansão da fronteira agrícola no território da Amazônia Legal é marcada por conflitos entre interesse no aumento das grandes lavouras, redes agroindustriais, eixo logísticos e a resistência dos povos originários e comunidades tradicionais. Otoni e Scoleso (2025) reforça o entendimento de Aracri (2022) sobre o processo de expansão da fronteira agrícola, e completa ao dizer que o capital transnacional observa a Amazônia Legal como um grande espaço vazio em que há grande oportunidade para exploração de *commodities*. Além disso, Otoni e Scoleso (2025) explicam que o avanço sobre os limites territoriais na região é impulsionado pelo Estado e suas alianças políticas com o setor agropecuário, e que esse

⁶ Fronteira agrícola pode ser definida como o processo de expansão espacial de determinado território em busca de construir e tomar posse de novas áreas, a fim de atingir objetivos estratégicos de grupos sociais ou atores dominantes, em que terra e trabalho são transformados em mercadorias que visam o lucro (Aracri, 2025).

desenvolvimento agropecuário se materializa em um processo violento de dominação grupos vulneráveis e expropriação de terra. Santos et al. (2025) destacam que a expansão destas atividades (agropecuária) impulsiona fortemente a supressão de floresta, por meio de estradas ilegais, gerando impactos socioambientais devido a contaminação de ecossistemas aquáticos e população local com mercúrio.

A coexistência de vastos recursos naturais, intensa diversidade populacional e pressões decorrentes da expansão da fronteira agropecuária e de atividades ilegais evidencia os desafios inerentes ao desenvolvimento da região. Posto isso, e considerando o escopo temporal de análise, o gráfico 1 mostra a evolução da área desmatada no horizonte temporal de 2000 até 2024 para a vegetação primária e secundária da Amazônia Legal. O gráfico 2 mostra os 10 municípios de maior desmatamento na Amazônia Legal.

Gráfico 1. Evolução do desmatamento nas áreas primárias e secundárias (2008-2024)



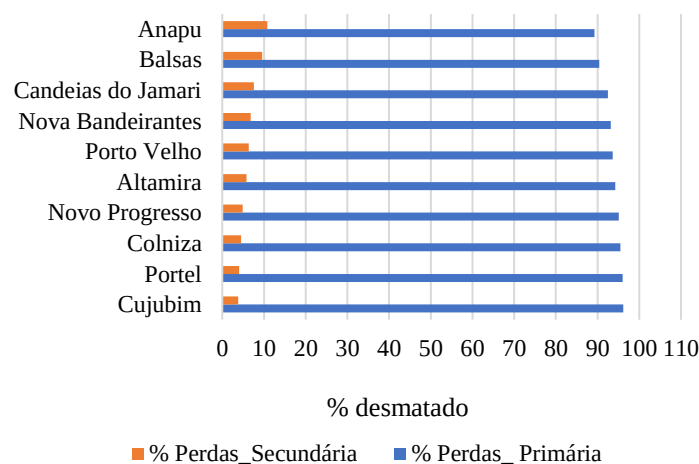
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do MapBiomas (Coleção 10).

Observa-se no Gráfico 1 uma trajetória decrescente até meados da década de 2010, seguida de uma inflexão a partir de 2019, com crescimento expressivo das taxas de desmatamento em ambos os tipos de cobertura. Esse padrão reflete a influência de mudanças na governança ambiental, no comando e controle e nas políticas de incentivo à preservação ao longo do período. O aumento pós-2019 coincide com períodos de flexibilização das normas ambientais e intensificação da pressão agropecuária sobre áreas florestais, especialmente nos estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia.

O Gráfico 2 elenca os dez municípios com maior área desmatada acumulada no recorte temporal, considerando conjuntamente vegetação primária e secundária. A concentração

espacial do desmatamento é evidente: municípios situados no arco do desmatamento (como Altamira, São Félix do Xingu, Novo Progresso e Lábrea) aparecem repetidamente entre os primeiros colocados, indicando que a pressão antrópica não se distribui homogeneamente pela região, mas se concentra em zonas de fronteira agropecuária.

Gráfico 2. Os 10 municípios de maior desmatamento acumulado na Amazônia Legal com vegetação primária e secundária



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do MapBiomas(Coleção 10)

A análise conjunta dos gráficos reforça a dinâmica territorial descrita na seção em relação ao avanço da fronteira agrícola (Aracri, 2022; Otoni; Scoleso, 2025) que se materializa nos números de desmatamento. Dessa forma, os dados evidenciam a necessidade de políticas territoriais diferenciadas que considerem as especificidades dos municípios críticos e a ciclicidade das taxas de supressão florestal. Com base nesse diagnóstico territorial e na evolução recente do desmatamento, a próxima seção detalha os procedimentos metodológicos adotados para investigar os efeitos da anistia sobre a reconfiguração espacial do desmatamento na Amazônia Legal nos anos de 2008, 2012 e 2024.

4. Metodologia

4.1 Base de dados

O estudo utiliza dados do MapBiomas (Coleção 10) para cobertura e uso da terra foi utilizado para criar a variável de cobertura florestal remanescente ($Cob_Florest_{m,t-1}$), construída a partir da agregação das áreas das classes de cobertura natural passíveis de conversão antrópica, a saber: Formação Florestal, Formação Savânica, Floresta

Alagável, Mangue e Restinga Arbórea⁷. Esta definição abrangente busca capturar o estoque de vegetação nativa que é alvo do desmatamento.

A base de dados de cobertura florestal utilizada neste estudo contempla 772 municípios da Amazônia Legal, representando 99,9% da região. Contudo, há diferença de um município em relação ao *shapefile* mais recente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que contém 773 municípios e refere-se ao município de Boa Esperança do Norte (MT)⁸. Por ser um município recém-instalado em 2024, não dispõe de série histórica completa de cobertura florestal para o período analisado, justificando sua exclusão da amostra sem prejuízo para a análise. Assim a variável Perda de Floresta pode ser descrita formalmente como:

$$Perda_{Floresta_{mt}} = \frac{Desmatamento_{mt}}{Cob_{Floresta_{m,t-1}}} \quad (1)$$

Em que m é um município e t um ano, $Desmatamento_{mt}$ é a área desmatada no município m no ano t , $Cob_{Floresta_{m,t-1}}$ é a área de floresta remanescente no município m ao final do ano $t-1$ (estoque de floresta). A variável $Perda_{Floresta_{mt}}$ é definida como a proporção da floresta remanescente no ano anterior que foi convertida em área desmatada em cada município. Essa abordagem permite calcular uma taxa de desmatamento relativa, evitando distorções decorrentes de diferenças de tamanho ou de estoques de floresta entre municípios. O uso do estoque de floresta do ano anterior ($t-1$) garante que a taxa não ultrapasse 100% e reflita a pressão sobre a vegetação remanescente. O intuito dessa análise é descrever uma variável para medir a taxa de perda relativa de floresta remanescente por município em cada ano.

4.2 Metodologia

A metodologia inclui o cálculo do I de Moran Global e Local para os anos de 2008, 2012 e 2024. Esses métodos permitem detectar padrões onde municípios com altas taxas de desmatamento tendem a ser vizinhos de outros com a mesma característica (agrupamentos do tipo Alto-Alto), o que ajuda a distinguir as fronteiras consolidadas das novas frentes de expansão (Pellenz et al., 2021) e ao mapear esses *clusters* é possível identificar fenômenos de interiorização do desmatamento e verificar o deslocamento deste no tempo (Rivero et al., 2009).

O I de Moran Global consiste em uma estatística de produto cruzado entre uma variável e sua defasagem espacial, na qual a variável está expressa em desvios de sua média (Almeida,

⁷ Classes 1.1, 1.2, 1.4, 1.3, 1.5 da coleção 10 do MapBiomass

⁸ Criado pela Lei Estadual nº 11.483 de 26 de junho de 2023. O município é representado apenas na base cartográfica, sem influenciar as estimativas de autocorrelação espacial, os valores de I de Moran ou a classificação dos clusters.

2012). Para uma observação na localidade i , pode-se expressar o índice em termos matemáticos, como:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Em que n é o número total de observações (municípios da Amazônia Legal), x_i valor da variável no município i , $\bar{x}$ é a média da variável, w_{ij} é o elemento de pesos, $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$ é a soma total dos pesos espaciais e o numerador é a covariância espacial ponderada. Se o sinal da estatística I de Moran for positivo, conclui-se que dados são correlacionados positivamente na região, de forma análoga, se negativo, conclui-se que os dados são correlacionados negativamente. Já o I de Moran Local, como destaca Anselin (1995), consiste numa extensão do I de Moran Global, que foca em analisar a autocorrelação espacial para cada observação individual, em termos matemáticos, pode ser expressa como:

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^j w_{ij} z_j \quad (3)$$

O cômputo de I_i só abrange os vizinhos das observações de i , definidos conforme a matriz de pesos espaciais w_{ij} que representa o elemento i, j da matriz de pesos. O nível de significância adotado na estimação do Moran local foi de 5% (p-valor simulado <0.05). O índice em sua forma local é capaz de revelar padrões de similaridade ou dissimilaridade local. Permitindo, assim, a identificação de clusters locais ou anomalias espaciais. Dessa forma, cada observação pode ser classificada em um agrupamento espacial da seguinte forma: *High-High* (HH): área com valor alto cercada por áreas altas; (ii) *Low-Low* (LL) : área com valor baixo cercada por áreas baixas; (iii) *High-Low* (HL): área com valor alto cercado por baixos; (iv) *Low-High* (LH): área com valor baixo cercado por altos. Os resultados não significativos e valores zero também são apresentados neste estudo (Almeida, 2012). Todos os procedimentos de cálculo do I de Moran Global e Local foram realizados em Python, com a biblioteca *esda* em PySAL (Rey; Anselin, 2009) com o módulo *libpysal* dedicado à análise exploratória de dados espaciais. Os resultados dos cálculos estão destacados na seção apropriada em resultados.

4. Discussão dos Resultados

O presente estudo testou diferentes matrizes de pesos espaciais para identificar a mais adequada ao estudo proposto. Assim, foram testadas as matrizes do tipo i) Rainha; ii) Torre; iii)

KNN (*k-nearest neighbors*) vizinhos mais próximos e os resultados são destacados na Tabela 1. Os dados calculados para a matriz de pesos espaciais são robustos à especificação da matriz, sendo que todas testadas são significativas e a matriz KNN=3 produzira o maior I de Moran Global. Ainda, os dados mostraram que aumentar o número de vizinhos em KNN reduzia o efeito da autocorrelação espacial positiva observada nas matrizes.

Tabela 1. Matrizes de pesos espaciais testadas para a Amazônia Legal

	2008		2012		2024	
Tipo Matriz	I de Moran	p-valor	I de Moran	p-valor	I de Moran	p-valor
	Global	(999	Global	(999	Global	(999
		permutações)		permutações)		permutações)
Rainha	0.4482	0.001	0,4198	0,001	0.3225	0.001
Torre	0.4496	0.000	0,4231	0,001	0.3225	0.001
KNN=3	0.5187	0.001	0,4837	0,001	0.3499	0.001
KNN=4	0.4999	0.001	0,4506	0,001	0.3456	0.001
KNN=5	0.4906	0.001	0,4484	0,001	0.0330	0.001

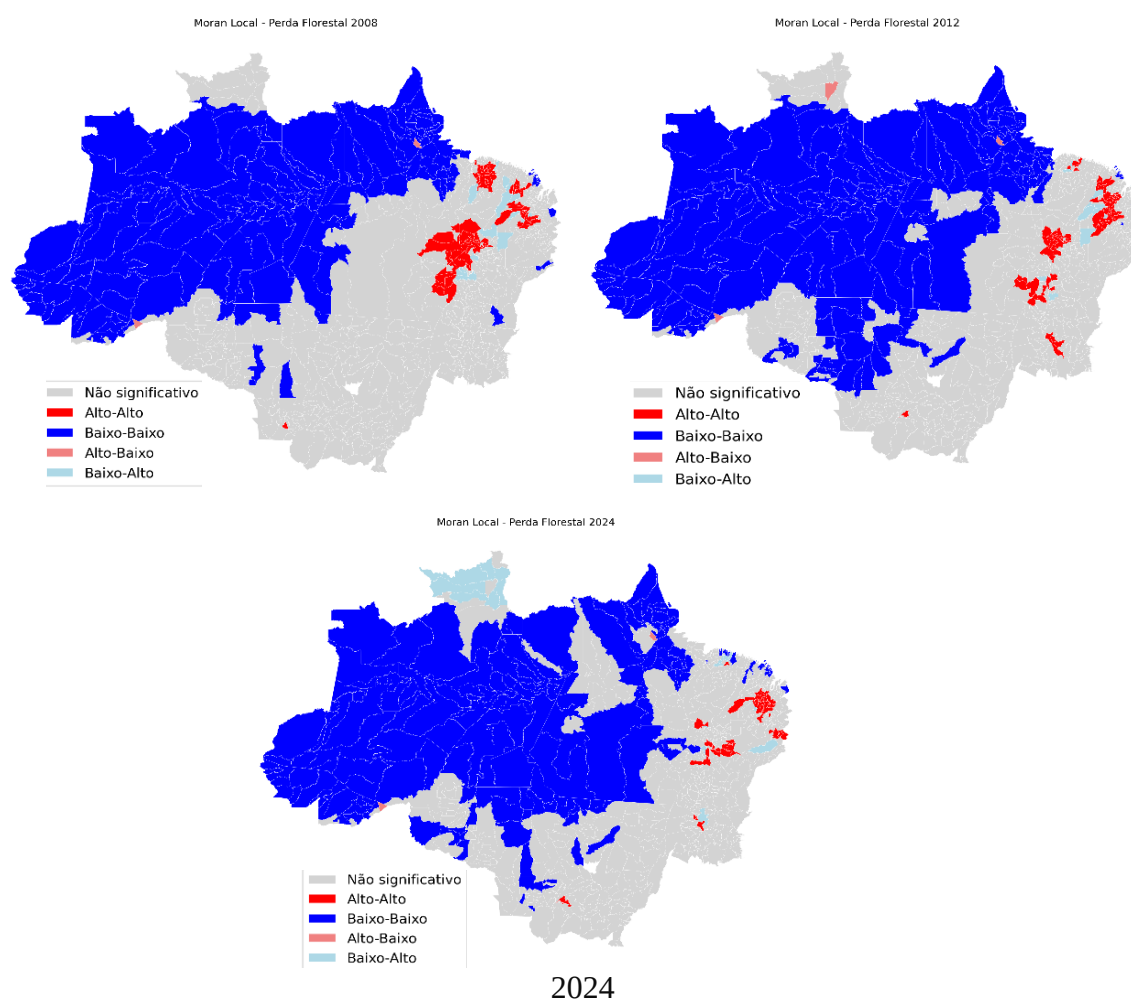
Resultados.

Uma das implicações importantes para a definição da escolha da matriz de pesos para o cálculo do I de Moran Local é analisar como o desmatamento tem se espalhado no território da Amazônia Legal. Embora a matriz KNN (3) tenha apresentado o maior valor do I de Moran, optou-se pela matriz de contiguidade do tipo Rainha como especificação principal.

A matriz Rainha capta interações espaciais por fronteiras e vértices comuns (Almeida, 2012), oferecendo estrutura geograficamente consistente e amplamente utilizada na literatura. Assim o mapa apresentado na Figura 2 ilustra os resultados da estatística de Moran Local para a variável perda florestal em 2008, 2012 e 2024 nos municípios da área de estudo, considerando um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Os resultados do mapa Lisa ilustram redução na localização e quantitativo de municípios com altas taxas de perda floresta. A pressão relativa sobre a floresta manteve-se nos anos analisados sobre as regiões classificadas como Arco do desmatamento, o que inclui municípios no Maranhão, Norte do Tocantins e Leste do Pará, conforme consultado na literatura em Ferreira et al. (2005) e Lemos e Silva (2011). Quando comparado a evolução temporal na classificação alto-alto é possível observar uma redução nos *clusters* ao longo do tempo, o que pode indicar uma melhora no monitoramento, políticas ambientais

Figura 1. Mapa lisa para a variável de taxa relativa de perda florestal em 2008, 2012 e



Resultados.

Os *clusters* Alto-Alto não indicam, necessariamente, os municípios com maior volume absoluto de desmatamento, mas aqueles em que a perda florestal representa uma parcela relativamente maior do estoque florestal remanescente⁹. Dessa forma, municípios com estoques florestais menores podem apresentar taxas proporcionais elevadas, mesmo quando o desmatamento absoluto é relativamente modesto.

Municípios com grandes estoques florestais (ex.: Altamira, São Félix do Xingu) tendem a figurar no topo do desmatamento absoluto simplesmente por sua extensão territorial. A variável proporcional equaliza essa diferença e revela onde a pressão antrópica é mais intensa

⁹ Estas análises proporcionais não substituem a análise do desmatamento absoluto, mas a complementam as análises visuais ilustradas pelos gráficos 1 e 2 que estão em termos absolutos.

em relação ao que resta de floresta. No caso dos municípios classificados como alto-baixo, o resultado sugere possíveis fronteiras de expansão do desmatamento e municípios de atenção na fiscalização florestal nos casos de Santana (AP) e Acrelândia (AC) em 2008, Santana (AP) e Acrelândia (AC) e Boa Vista (RR) em 2012 e novamente Santana (AP) e Acrelândia (AC) em 2024. Os municípios de Santana (AP) e Acrelândia (AC) apareceram consistentemente nos três anos, sugerindo um desmatamento mais intenso em relação ao entorno.

A classificação baixo-alto que representa municípios com uma taxa baixa de perda florestal cercado por vizinhos com alta taxa pode indicar situações de áreas protegidas, unidades de conservação, terras indígenas e outras situações conforme descrito em Ferreira et al. (2005). A Tabela 2 apresenta o resumo da classificação dos municípios da Amazônia Legal segundo os *clusters* do Moran Local para a variável Perda de Floresta nos anos de 2008, 2012 e 2024.

Tabela 2. Resumo do Moran Local para a variável Perda de Floresta

Cluster	2008	2012	2024
Alto-alto	78	73	50
Baixo-Baixo	148	175	172
Alto-Baixo	2	3	2
Baixo-Alto	14	11	18
Não significativo	530	510	530

Resultados.

A maior parte dos municípios não apresenta associação espacial estatisticamente significativa ao longo de todo o período analisado. Entre os *clusters* significativos, destacam-se os agrupamentos Baixo-Baixo, que aumentam de 148 municípios em 2008 para 175 em 2012, mantendo-se em nível elevado em 2024 (172), indicando a presença de extensas áreas onde as taxas relativas de perda florestal são baixas e espacialmente concentradas. Por outro lado, os *clusters* Alto-Alto apresentam redução ao longo do período, passando de 78 municípios em 2008 para 50 em 2024, sugerindo diminuição da concentração espacial de municípios com elevadas taxas relativas de perda de floresta.

Analisando a persistência temporal dos municípios que aparecem nos três anos seguidos foi possível identificar 14 municípios que permaneceram no padrão espacial alto-alto. A Tabela 3 destaca os municípios, a taxa relativa de perda de floresta nos anos de 2008, 2012 e 2024. A permanência desses municípios nesse padrão ao longo do tempo sugere a existência de núcleos territoriais persistentes de pressão sobre a cobertura florestal, indicando que o processo de desmatamento tende a se concentrar espacialmente em determinadas áreas da Amazônia Legal.

Tabela 3. Municípios classe alto-alto nos anos de 2008, 2012 e 2024 e as perdas de florestas em percentual nos três anos de análise

Código IBGE	Município	Estado	Perda 2008 (%)	Perda 2012 (%)	Perda 2024 (%)
1501576	Bom Jesus do Tocantins	PA	3,064	2,715	4,156
1505403	Ourém	PA	4,594	2,317	3,128
2101202	Bacabal	MA	3,847	2,822	3,376
2101772	Bela Vista do Maranhão	MA	3,851	3,281	2,755
2102077	Bom Lugar	MA	6,857	5,859	2,93
2105906	Lago Verde	MA	4,921	4,923	4,286
2106904	Monção	MA	2,56	3,886	4,608
2107407	Olho d'Água das Cunhãs	MA	11,564	6,858	15,346
2108504	Pindaré-Mirim	MA	3,434	6,018	16,357
2109908	Santa Inês	MA	7,992	11,66	8,139
2111532	São Pedro da Água Branca	MA	7,502	4,346	2,155
2111722	Satubinha	MA	5,496	5,894	3,374
2112274	Tufilândia	MA	5,281	14,198	3,614
2113009	Vitorino Freire	MA	4,764	6,086	2,265

Resultados.

A Tabela 3 destaca diversos municípios maranhenses que estudos como o de Santos e Nunes (2017) apontam como pertencentes às mesorregiões Oeste e Central Maranhense mais intensamente afetadas pelo desflorestamento no estado, sendo que o município de Bom Lugar (MA), por exemplo, é listado como um dos principais municípios no desmatamento acumulado historicamente, apesar de que o município de Olho d'Água das Cunhãs aparece com o principal nos cluster alto-alto para a variável taxa de perda de floresta, apresentando perdas superior a dois dígitos em 2008 e 2024.

Os anos de 2008 e 2012 são marcos legislativos e de políticas públicas. 2008 é a data de corte para a anistia de crimes ambientais prevista no Novo Código Florestal e 2012 marca a aprovação da nova lei e o fim de um período de quedas acentuadas impulsionadas pelo PPCDAm. Na tabela 3, municípios como Tufilândia (MA) e Santa Inês (MA) apresentaram picos de perda em 2012 (14,19% e 11,66%, respectivamente), o que pode refletir a pressa em consolidar áreas antes da plena vigência da nova lei ou a fragilidade das políticas de controle naquele momento.

Dados para 2024 mostram um salto alarmante em alguns municípios como Pindaré-Mirim (MA), que saltou de 3,4% em 2008 para 16,35% em 2024, e Olho d'Água das Cunhãs

(MA), que chegou a 15,34%. Esses resultados podem corroborar a tese de "interiorização" descrita em Martins e Francisco (2025), onde as frentes de expansão avançam sobre remanescentes florestais em áreas de ocupação mais antiga, efeito transbordamento como sugerido em Rossoni e Moraes (2020).

Os resultados evidenciam que a perda de floresta na Amazônia Legal apresenta padrões claros de dependência espacial, com municípios aparentam compartilhar dinâmicas semelhantes de desmatamento com seus vizinhos. Embora a análise temporal indique redução no número de clusters Alto-Alto entre 2008 e 2024, a permanência de 14 municípios nesse padrão ao longo de todo o período analisado revela a existência de núcleos territoriais persistentes de pressão sobre a cobertura florestal. Ainda, a ocorrência de municípios classificados como *outliers* espaciais e o aumento expressivo das taxas de perda em alguns casos recentes sugerem possíveis processos de deslocamento ou interiorização do desmatamento, reforçando a necessidade de políticas territoriais direcionadas

5. Considerações finais

O presente artigo partiu da inquietação em saber se a anistia ambiental instituída pelo Novo Código Florestal de 2012 alterou a estrutura espacial da taxa de perda florestal nos municípios da Amazônia Legal? Para responder a essa inquietação, definiu-se como objetivo principal identificar a persistência de *clusters* de desmatamento na região nos anos de 2008, 2012 e 2024, empregando técnicas de autocorrelação espacial (I de Moran Global e Local).

Os resultados mostram que, embora o número de *clusters* Alto-Alto tenha se reduzido ao longo do período (de 78 municípios em 2008 para 50 em 2024), a autocorrelação espacial permaneceu estatisticamente significativa em todos os anos, indicando persistência da dependência espacial. Destaca-se a identificação de 14 municípios que se mantiveram ininterruptamente na classe Alto-Alto entre 2008 e 2024, todos localizados no Maranhão e no Pará, regiões tradicionalmente associadas ao arco do desmatamento.

Esses núcleos persistentes revelam que a anistia não induziu uma dispersão generalizada da pressão florestal e tampouco eliminou focos de elevada perda proporcional. A análise temporal também evidenciou comportamentos distintos: enquanto alguns municípios apresentaram picos de perda em 2012 (possivelmente influenciados pela expectativa da vigência da nova lei), outros exibiram crescimento expressivo em 2024, sugerindo um processo de interiorização do desmatamento em áreas de ocupação mais antiga. Esses achados reforçam

a tese de que a anistia, ao criar um ambiente de impunidade e risco moral, pode ter estimulado o desmatamento oportunista, mas seus efeitos espaciais não foram homogêneos, concentrando-se em territórios já consolidados como frentes de expansão.

Como principais limitações, destaca-se o uso de dados municipais agregados, que podem ocultar heterogeneidades intraurbanas e dificultar a associação direta entre a anistia e o comportamento individual dos proprietários rurais. Além disso, a variável de perda proporcional, embora útil para equalizar diferenças de estoque florestal, não captura a extensão absoluta do desmatamento, aspecto relevante para políticas de comando e controle. A escolha da matriz de contiguidade Rainha, embora justificada pela literatura, pode subestimar interações que ocorrem por vias de transporte ou mercados, não capturadas pela simples vizinhança geográfica. Para futuros avanços, sugerem-se análises com dados em nível de propriedade rural (como o Cadastro Ambiental Rural) e a incorporação de variáveis explicativas adicionais (preços de commodities, crédito rural, infraestrutura viária) em modelos de regressão espacial, permitindo isolar o efeito da anistia de outros determinantes do desmatamento.

Referências

ALMEIDA, Eduardo. **Econometria espacial**. Campinas: Alínea, 2012.

ALVES, Vanessa de Paixão. Determinantes do desmatamento no Estado do Pará: uma análise com regressões quantílicas para dados em painel. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 17, n. 3, 2021.

ANSELIN, Luc. Local indicators of spatial association — LISA. **Geographical Analysis**, [S.l.], v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

ARACRI, Luís Angelo dos Santos. Dinâmica atual da fronteira agrícola na Amazônia Legal: agentes, processos e formas. **Revista Aquila**, n. 27, ano XIII, p. 13-28, jul./dez. 2022.

ARANHA, Fábio Souza; BRAGAGNOLO, Cassiano. Uso da terra e desmatamento na Amazônia Legal: uma análise por meio de dados em painel. **International Journal of Scientific Management and Tourism**, v. 10, n. 3, p. e972-e972, 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/12651.htm. Acesso em: 06 de março de 2026.

CARVALHO, Terciane Sabadini; DOMINGUES, Edson Paulo. Projeção de um cenário econômico e de desmatamento para a Amazônia Legal brasileira entre 2006 e 2030. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 2, p. 585-621, 2016

CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA – CDB. Article 2. Use of Terms. Montreal, 2006. Disponível em: <https://www.cbd.int/convention/articles/default.shtml?a=cbd-02> . Acesso em: 30 mar. 2026.

COSTA, Márcio Macedo. Financiamento para a restauração ecológica no Brasil. In: SILVA, Ana Paula Moreira da.; MARQUES, Henrique Rodrigues.; SAMBUICHI, Regina Helena Rosa (org). **Mudanças no Novo Código Florestal Brasileiro: Desafios para a implementação da nova lei**. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/entities/book/9a6e05f0-a037-4518-b807-157658d65ad0> Acesso em: 05 de mar. 2026.

CHIAVARI, Joana; LOPES, Cristina Leme. Os caminhos para a regularização ambiental: decifrando o novo código florestal. **Repositório IPEA**. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/items/15af42f2-17b3-4091-944f-4402329fd47f> . Acesso em 12 de dez. 2025. 2016.

DINIZ, Marcelo Bentes; OLIVEIRA JUNIOR, Jose Nilson de; TROMPIERI NETO, Nicolino; DINIZ, Márcia Jucá Teixeira. Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 121-151, 2009.

FERRAZ, D.; MORAES, G.; DE ALMEIDA CORRÊA, M. A.; FERREIRA VIANA, F. D. Eficiência social na Amazônia Legal: uma análise por meio do data envelopment analysis (DEA). **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, [S. l.], v. 21, n. 2, 2025.

FERREIRA, Marcelo Dias Paes; COELHO, Alexandre Bragança. Desmatamento Recente nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, p. 91-108, 2015.

FERREIRA, Leandro Valle; VENTICINQUE, Eduardo; ALMEIDA, Samuel. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 157-166, jan./abr. 2005.

FREITAS JÚNIOR, Felisberto Ferreira de; SILVA, Pablo Alan Jenison. A Reserva Legal e o Código Florestal de 2012: uma análise das ações diretas de inconstitucionalidade nº 4901 e 4902. **REDES**, Canoas, v. 13, n. 1, e7712, abr. 2025

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico. Rio de Janeiro. IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema de Contas Nacionais: Brasil. Rio de Janeiro. IBGE, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. Rio de Janeiro. IBGE, 2025.

HARGRAVE, J.; KIS-KATOS, K. Economic causes of deforestation in the Brazilian Amazon: A panel data analysis for the 2000s. **Environmental and Resource Economics**, v. 54, n. 4, p. 471-494, 2013.

LEMONS, André Luiz Ferreira; SILVA, José de Arimatea. Desmatamento na Amazônia Legal: evolução, causas, monitoramento e possibilidades de mitigação através do Fundo Amazônia. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 1, p. 98-108, jan./mar. 2011.

LINS, Camila Fregni.; MOREIRA, Sergio Nascimento; LEITÃO, Tomé Farias Siqueira; DE ALMEIDA, Alexandre Nascimento. Código Florestal Brasileiro: 1965-2012, Da Ditadura À Democracia. **Revista Foco**, [S. l.], v. 15, n. 6, p. e589, 2022. DOI: 10.54751/revistafoco.v15n6-019.

MAPBIOMAS. Coleção 10 de Mapas de Cobertura e Uso do Solo da Amazônia: MapBiomas. Disponível em: <https://amazonia.mapbiomas.org>. Acesso em: 10 de agos. 2025.

MARTINS, Henrique Parizotto Lacaz; FRANCISCO, Eduardo de Rezende. Determinantes do desmatamento histórico e recente da Amazônia na perspectiva da estatística espacial. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, São Paulo, v. 30, e91454, 2025

MELLO, Natália Girão Rodrigues de; ARTAXO, Paulo. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, São Paulo, n. 66, p. 108-129, abr. 2017.

MENDES, Cassandro Maria da Veiga; LEITE FILHO, Paulo Amilton Maia. Como a corrupção pode influenciar o desmatamento na Floresta Amazônica?. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 4, p. 769-780, 2009.

NOGUEIRA, C. B. C.; OSOEGAWA, D. K.; ALMEIDA, R. L. P. Políticas desenvolvimentistas na Amazônia: Análise do desmatamento nos últimos 10 anos (2009-2018). **Revista Culturas Jurídicas**, v.6, n. 13, p. 145-169, 2019.

OTONI, Emilly Fernandes; SCOLESO, Fabiana. Amazônia Legal como um espaço global: expansão da fronteira agrícola, neoextrativismo e conflitos socioterritoriais no hot point da economia global. **Revista FENERI**, v. 3, n. 1, p. 42-48, mar. 2025.

PELLENZ, Jéssica de Lima da Vida; ALMEIDA, Mariza; LIRIO, Viviani Silva. Eficiência técnica agropecuária e desmatamento: análise espacial para a Amazônia legal brasileira. **Estudios económicos**, Bahía Blanca, v. 38, n. 77, p. 119-146, jul./dez. 2021.

RIVERO, Sérgio; ALMEIDA, Oriana; ÁVILA, Saulo; OLIVEIRA, Wesley. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 41-66, jan./abr. 2009.

RAJÃO, Raoni; SCHMITT, Jair; NUNES, Felipe; SOARES-FILHO, Britaldo. Dicotomia da impunidade do desmatamento ilegal. **Policy brief**, p. 1-12, 2021.

REY, Sergio J.; ANSELIN, Luc. PySAL: A Python library of spatial analytical methods. In: FISCHER, Manfred; GETIS, Arthur (eds.). **Handbook of applied spatial analysis: software tools, methods and applications**. Berlin: Springer, 2009. p. 175-193.

RORIZ, Pedro Augusto Costa; FEARNSTIDE, Philip Martin. A construção do Código Florestal Brasileiro e as diferentes perspectivas para a proteção das florestas. **Novos Cadernos NAEA**, v. 18, n. 2, p. 51-68, 2015.

ROSSONI, Roger Alexandre; MORAES, Marcelo Lopes de. Agropecuária e desmatamento na Amazônia Legal brasileira: uma análise espacial entre 2007 e 2017. **Geografia em Questão**, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 3, p. 130-148, 2020.

SANT'ANNA, André Albuquerque; COSTA, Lucas. Environmental regulation and bail outs under weak state capacity: deforestation in the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 186, p. 107071, 2021.

SANTOS, Kátia Cristina Cruz; NUNES FILHO, Moisés Seixas. Análise e interpretação das inovações advindas da lei 12.651/2012 que institui o novo código florestal. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, [S.l.], ene. 2015.

SANTOS FILHO, A. O., RAMOS, J. M., OLIVEIRA, K., NASCIMENTO, T. N. A evolução do código florestal brasileiro. **Caderno de Graduação-Ciências Humanas e Sociais-UNIT-SERGIPE**, v. 2, n. 3, p. 271-290, 2015.

SANTOS, Rodrigo Lima; NUNES, Fabrizia Gioppo. Análise espacial de taxas de desmatamento na Amazônia Legal Maranhense: espacialização e diagnóstico do PPCD-MA. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos, 2017.

SANTOS, Washington Aleksander Savaris dos et al. Garimpo ilegal, conflitos socioambientais e desmatamento na Amazônia Legal: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Aracê**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 9, p. 1-19, 2025.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). Conhecendo sobre as florestas. Brasília, 2025. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/temas-florestais/recursos-florestais/conhecendo-sobre-as-florestas> . Acesso em: 30 mar. 2026.

SOARES-FILHO, Britaldo, RAJÃO, Raoini; MACEDO, Marcia; CARNEIRO, Arnaldo; COSTA, William; COE, Michael; RODRIGUES, Hermann; ALENCAR, Ane. Cracking Brazil's forest code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014.