



Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
SER-350 & CAP 395 : Introdução à Geoinformática

Proposta de Monografia

Docente: Dra. Silvana Amaral Kampel

Discente: Gustavo Fiedler Rossi

Título provisório:

Mapeamento da suscetibilidade ao desmatamento a partir de cicatrizes de fogo na Amazônia Legal

1. Introdução

A Amazônia Legal Brasileira abrange a totalidade da bacia Amazônica em território nacional e porções do bioma Cerrado, totalizando aproximadamente 5 milhões de quilômetros quadrados, o que corresponde a cerca de 60% do território brasileiro. Apesar de sua relevância ecológica global, estima-se que aproximadamente 23% de sua cobertura florestal original já tenha sido desmatada, enquanto mais de 1 milhão de km² apresentam algum grau de degradação (HADDAD et al., 2024). Esse cenário intensifica as preocupações quanto à aproximação de um possível ponto de não retorno (*tipping point*), no qual a floresta poderia sofrer alterações irreversíveis em sua estrutura e funcionamento, com potencial liberação de grandes quantidades de carbono para a atmosfera e consequente agravamento das mudanças climáticas (GATTI et al., 2021; LOVEJOY; NOBRE, 2018).

Diante desse contexto, o monitoramento sistemático da cobertura florestal torna-se essencial para subsidiar políticas públicas e estratégias de conservação. No Brasil, destacam-se iniciativas como o Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES) e o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), ambos desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Enquanto o PRODES fornece estimativas anuais de desmatamento consolidado, o DETER atua na detecção em tempo quase-real de eventos de degradação e desmatamento, permitindo respostas mais rápidas por parte dos órgãos de fiscalização (ALMEIDA et al., 2025).

No segundo semestre de 2024, dados do DETER indicaram um aumento expressivo nas ocorrências classificadas como degradação por cicatrizes de queimada (Figura 1). Essas áreas

totalizaram aproximadamente 41.877 km², representando um padrão atípico em relação aos períodos anteriores. Observa-se ainda que uma fração dessas áreas (cerca de 4,76% , ou 1.993 km²) evoluiu para desmatamento no ano subsequente, sendo classificadas pelo PRODES como “desmatamento por degradação progressiva” (Figura 2). Esse processo sugere a existência de uma trajetória de conversão da floresta, na qual eventos iniciais de degradação por fogo podem atuar como precursores do desmatamento consolidado.

Nesse contexto, compreender os fatores que influenciam a transição de áreas degradadas por fogo para desmatamento torna-se fundamental para o aprimoramento de estratégias de monitoramento e prevenção. A identificação de padrões espaciais e de variáveis associadas a esse processo pode contribuir para a construção de modelos preditivos capazes de indicar áreas com maior suscetibilidade à conversão florestal, mesmo após um único evento de degradação detectado. Assim, este estudo busca investigar a relação entre cicatrizes de fogo detectadas em 2024 e sua evolução para desmatamento até 2025, com ênfase na identificação de regiões críticas e nos fatores ambientais e antrópicos que condicionam esse processo.



Figura 1 – Gráfico de barras empilhadas das ocorrências consideradas como degradação pelo DETER. Nota-se uma alta expressiva na classe “cicatriz de queimada” no segundo semestre de 2024.

Fonte: Autoria própria, a partir dos dados do DETER, disponíveis em:

<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>.

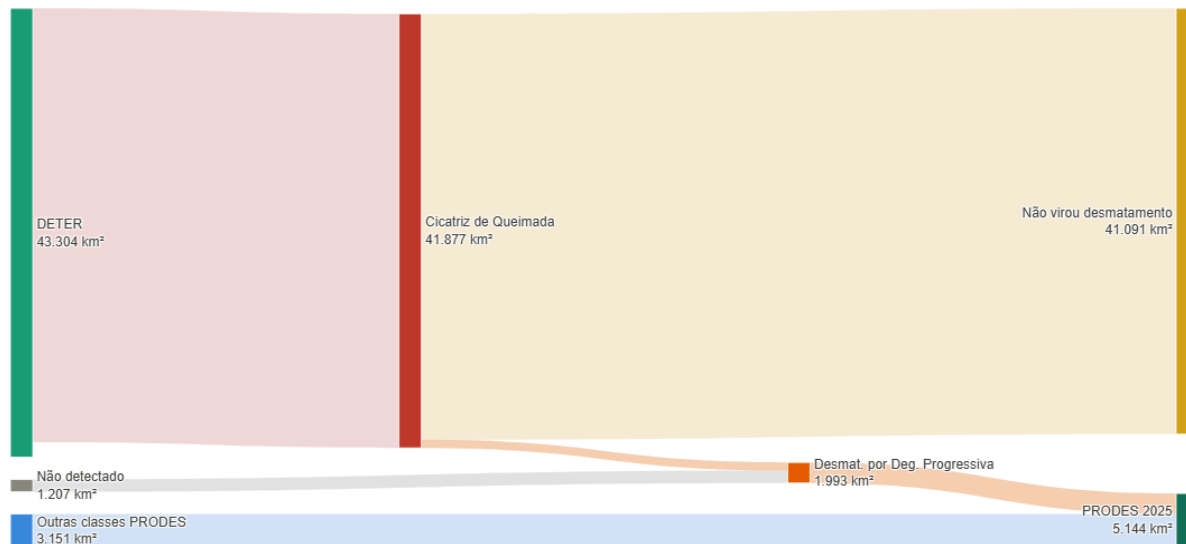


Figura 2 – Diagrama de Sankey ilustrando a área total detectada pelo DETER em 2024, a proporção da classe “cicatriz de queimada” e a interseção dessa classe com áreas classificadas pelo PRODES como “desmatamento por degradação progressiva”.

Fonte: Autoria própria, a partir dos dados do DETER e do PRODES, disponíveis em:

<https://terrabilis.dpi.inpe.br/downloads/>

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Analisar os padrões espaciais e os fatores associados à conversão de áreas degradadas por cicatrizes de fogo em desmatamento na Amazônia Legal, a partir de dados dos sistemas PRODES e DETER, visando identificar regiões com maior suscetibilidade a esse processo.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar áreas classificadas como degradadas por cicatriz de fogo pelo DETER em 2024 que evoluíram (ou não) para desmatamento em 2025 segundo o PRODES;
- Caracterizar os padrões espaciais dessas áreas;

- Avaliar a relação entre variáveis ambientais e antrópicas e a ocorrência de desmatamento;
- Produzir um mapa de suscetibilidade à conversão de áreas degradadas por fogo em desmatamento.

3. Metodologia

3.1. Camadas Vetoriais

Para a realização das análises, será inicialmente construída uma máscara de áreas previamente degradadas ou desmatadas, a partir da integração das bases do PRODES e do DETER. Para isso, serão utilizadas todas as classes disponíveis em ambos os sistemas, considerando os anos anteriores a 2024. As camadas serão unificadas e posteriormente dissolvidas, resultando em um único polígono representando áreas que já sofreram desmatamento ou degradação ao longo do período de monitoramento.

Com base nessa máscara, serão selecionados apenas os polígonos do DETER classificados como “cicatriz de queimada” no ano de 2024 que incidam sobre áreas consideradas não perturbadas até então. Esse procedimento permite isolar eventos iniciais de degradação por fogo em áreas previamente intactas, reduzindo a influência de históricos anteriores de uso e ocupação do solo.

Em seguida, esses polígonos serão cruzados com a base do PRODES referente ao ano de 2025, especificamente com a classe “desmatamento por degradação progressiva”. A partir dessa interseção, será possível identificar quais áreas degradadas por fogo evoluíram para desmatamento no período subsequente, bem como aquelas que permaneceram sem conversão.

Dessa forma, serão definidos dois conjuntos de análise: (i) áreas degradadas por cicatriz de fogo que evoluíram para desmatamento e (ii) áreas degradadas que não apresentaram conversão no período analisado. Esses conjuntos constituirão a base para a investigação dos fatores associados à dinâmica de transição entre degradação e desmatamento, permitindo a posterior integração com variáveis ambientais e antrópicas.

3.2. Camadas Raster

Com o objetivo de analisar os fatores associados à conversão de áreas degradadas por cicatrizes de fogo em desmatamento, serão utilizadas camadas raster representando variáveis ambientais e antrópicas. Essas variáveis atuarão como preditores na investigação da probabilidade de ocorrência de desmatamento nas áreas previamente identificadas.

As variáveis serão organizadas em três grupos principais, conforme abordagem semelhante à proposta por Laurance et al. (2002):

- i) Fatores antrópicos e demográficos*, incluindo densidade da população rural e tamanho da população urbana, que refletem a pressão humana sobre o território;
- ii) Fatores de acessibilidade*, representados por distâncias euclidianas até elementos de infraestrutura e transporte, como rodovias pavimentadas e não pavimentadas, rios navegáveis e áreas previamente desmatadas, os quais influenciam o custo de acesso e ocupação da terra;
- (iii) Fatores ambientais*, que incluem variáveis climáticas e biofísicas, como precipitação anual, severidade da estação seca, temperatura média sazonal e distância à rede de drenagem (HAND), relacionadas à adequação do meio físico para atividades agropecuárias.

Todas as camadas raster serão padronizadas para a mesma resolução espacial e sistema de referência, permitindo sua integração em uma base comum de análise. Posteriormente, os valores dessas variáveis serão agregados a uma grade regular de 1 km², possibilitando a extração de estatísticas descritivas para cada célula.

Essa estrutura permitirá relacionar as características ambientais e antrópicas de cada unidade espacial com a ocorrência ou não de desmatamento após eventos de degradação por fogo, fornecendo subsídios para a análise estatística e a modelagem da suscetibilidade à conversão florestal.

3.3. Análise

A análise será conduzida a partir da integração das informações vetoriais e raster em uma unidade espacial comum, definida pela grade regular de 1 km². Para cada célula da grade, será atribuída uma variável resposta binária, indicando a ocorrência (1) ou não ocorrência (0) de desmatamento a partir de áreas previamente degradadas por cicatrizes de fogo.

As variáveis explicativas serão derivadas das camadas raster, por meio da agregação de estatísticas descritivas dos valores contidos em cada célula. Esse procedimento permitirá associar características ambientais e antrópicas às unidades espaciais analisadas.

Inicialmente, será realizada uma análise exploratória dos dados, com o objetivo de comparar a distribuição das variáveis explicativas entre os grupos de células que apresentaram e não apresentaram desmatamento. Essa etapa permitirá identificar padrões preliminares e possíveis relações entre as variáveis e o fenômeno estudado.

Em seguida, será aplicado um modelo estatístico ou de aprendizado de máquina adequado à modelagem de variáveis resposta binárias, com o objetivo de estimar a probabilidade de ocorrência de desmatamento em função das variáveis explicativas selecionadas. A escolha do modelo considerará critérios como interpretabilidade, desempenho e adequação aos dados disponíveis.

Por fim, o modelo ajustado será utilizado para gerar um mapa contínuo de suscetibilidade ao desmatamento, destacando áreas com maior probabilidade de conversão após eventos de degradação por fogo. Esse produto permitirá identificar regiões prioritárias para monitoramento e intervenção, contribuindo para o aprimoramento de estratégias de controle e prevenção do desmatamento.

4. Referências

ALMEIDA, C. A. *et al.* Monitoramento oficial da vegetação nativa brasileira por imagens de satélite: o programa BiomassBR e os sistemas Prodes, Deter e TerraClass. **Cadernos de Astronomia**, v. 6, n. 1, p. 23–38, abr. 2025. DOI: <https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v6n1.47411>.

GATTI, L. V. *et al.* Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. **Nature**, v. 595, p. 388–393, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>.

HADDAD, E. A.; ARAÚJO, I. F.; FELTRAN-BARBIERI, R. *et al.* Economic drivers of deforestation in the Brazilian Legal Amazon. **Nature Sustainability**, v. 7, p. 1141–1148, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01387-7>.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; SCHROTH, G.; FEARNSIDE, P. M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E. M.; COSTA, C. Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Biogeography**, v. 29, p. 737–748, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2002.00721.x>.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. Amazon tipping point. **Science Advances**, v. 4, eaat2340, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2340>.