PAISAGENS FLORESTAIS PRODUZIDAS POR SISTEMAS TÉCNICO-PRODUTIVOS RURAIS EM UMA REGIÃO DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Érick Teixeira Rodrigues [1], Antônio Miguel Vieira Monteiro [2], Maria Isabel Sobral Escada [3]

[123]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Av. dos Astronautas, 1758 - Jd. Da Granja, São José dos Campos–SP, Brasil; [1]erick.rodrigues@inpe.br; [2]miguel.monteir@inpe.br; [3]isabel.escada@inpe.br

RESUMO

A floresta Amazônica é a maior floresta tropical do mundo e cumpre papel essencial no equilíbrio climático e ambiental planetário. Historicamente, uma paisagem de produção agrária sempre esteve presente na região. Ao longo de três séculos, esses sistemas evoluíram e se diversificaram, comandados por diferentes atores e suas racionalidades microeconômicas. Francisco de Assis Costa desenvolveu os conceitos de *paradigmas e trajetórias tecnológicas* para caracterizar os sistemas agrários dos municípios da região com base em dados dos Censos Agropecuários. Este trabalho propôs um indicador de distúrbio florestal (IDF), acomodando medidas de desmatamento, degradação e vegetação secundária para relacionar as paisagens florestais com as trajetórias tecno-produtivas rurais dominantes para os municípios do estado do Pará. Os resultados indicam que o IDF pode ser uma ferramenta de associação entre as *trajetórias tecnológicas* e as paisagens florestais onde estão inseridas e que, para melhorar esse índice, existe a necessidade de inclusão de novas métricas.

Palavras-chave — Amazônia, Paisagem Florestal, Trajetórias Tecnológicas, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

The Amazon rainforest is the largest tropical forest in the world and plays an essential role in the planetary climate and environmental balance. Historically, a landscape of agrarian production has always been present in the region. Over three centuries, these systems have evolved and diversified, commanded by different actors and their rationalities. Francisco de Assis Costa developed the concepts of *technological trajectories and paradigms* to characterize the agrarian systems of the municipalities in the region based on data from the Agricultural Censuses. This work proposed a forest disturbance indicator (IDF), accommodating measures of deforestation, degradation and secondary vegetation to relate forest landscapes with the dominant rural techno-productive trajectories in the state of Pará. The results indicate that the IDF can be an association tool between *technological trajectories* and the forest landscapes where they are inserted and that, to improve this index, there is a need to include new metrics.

Key words — *Amazon, Forest Landscape, Technological Trajectories, Remote Sensing.*

1. INTRODUÇÃO

O bioma Amazônico se distribui pela porção norte do Brasil e compõe mais de 50% do seu território, o que levou governos à criarem políticas de ocupação dessa área ao longo, principalmente, das seis últimas das décadas. Através desse processo, a região sofreu intensa ocupação, o que resultou em crescimento populacional, desenvolvimento de cidades e aumento de propriedades privadas e de atividades econômicas [1].

A partir dos dados do Censo Agropecuário, foi identificado que, entre 1970 e 1990, a atividade que causou significativo desmatamento na região foi a pecuária, representada pelas áreas de pastagens [1]. Em 2015, Richards (2015) constatou que nos anos 2000, o aumento da produção de soja na região amazônica levou a uma ampliação das áreas de plantio dessa *commodity*, o que pode ter proporcionado um aumento nos níveis de desflorestamento através de mudanças no mercado regional de terras [2].

Além das atividades agropecuárias extensivas, na região amazônica também atuam diversos grupos sociais intitulados de "pequenos agricultores", como os quilombolas, as "populações tradicionais" e os agricultores familiares, entre outros. Tais grupos exercem atividades agrícolas e pastoris que, em dada medida, proporcionam mudanças no uso e cobertura da terra e participam da dinâmica social e ambiental da região [3].

Francisco de Assis Costa (2009) caracterizou os sistemas técnico-produtivos rurais da Amazônia brasileira com base nos dados dos Censos Agropecuários e segundo os conceitos de *paradigmas* e *trajetórias tecnológicas* (TTs), ambos criados por Giovanni Dosi [4]. Essa caracterização possibilitou identificar diferentes modos de produção, racionalidades e formas de se relacionar com o meio promovidos pelos distintos atores, os quais foram definidos como camponeses e patronais. No primeiro, a lógica de produção é caracterizada por sistemas diversificados de uso da terra, guiados por uma racionalidade familiar que tem como finalidade reproduzir seu modo de vida no bioma. No segundo, a forma de produzir se baseia em cultivos homogêneos, em maquinários, em insumos agrícolas e em mão-de-obra contratada, visando maximizar os lucros através de uma lógica empresarial [4].

Os diferentes sistemas técnico-produtivos rurais, guiados pelos distintos atores, deixam marcas na paisagem onde estão inseridos, as quais refletem seus impactos no meio natural

[5]. Dessa forma, dados de sensoriamento remoto possibilitam bem como a utilização de técnicas de análise espacial possibilitam estabelecer relações entre os sistemas técnico-produtivos dominantes em dada região e a paisagem florestal produzida por esses sistemas [6].

Com base nessas informações, este trabalho tem por objetivo identificar as paisagens florestais promovidas por diferentes sistemas técnico-produtivos rurais em uma região da Amazônia. Como hipótese, espera-se que modos de produzir guiados por racionalidades camponesas proporcionem menos distúrbio na paisagem florestal da área estudada em comparação aos sistemas homogêneos desenvolvidos por agentes patronais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Como área de estudo, foram selecionados os municípios do estado do Pará, Brasil. Esse estado está localizado na região norte e apresenta uma população estimada em 8.777.124 pessoas, das quais pelo menos 30% vivem na área rural. Tal estado está contido quase que completamente no domínio do bioma Amazônico, exceto por uma pequena porção na região sudeste que é determinada como bioma Cerrado [7]. A figura 1 mostra a localização do Pará no contexto do Brasil.

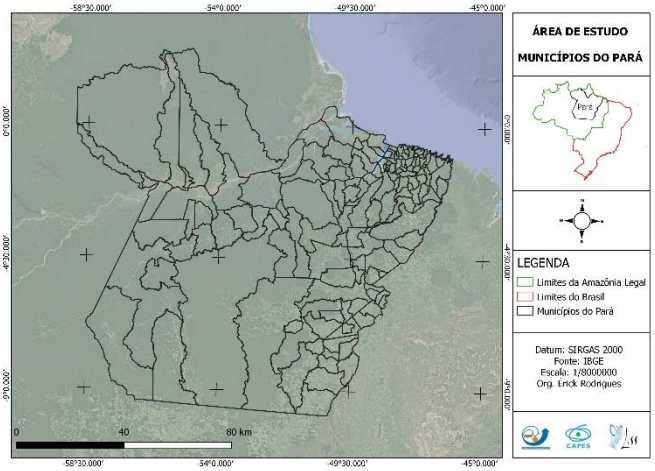


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

2.1. Caracterização das paisagens florestais produzidas

As paisagens florestais foram caracterizadas segundo o Índice de Distúrbio Florestal (IDF), um índice sintético calculado a partir de três métricas obtidas por meio da mensuração do desmatamento (corte raso), da degradação florestal e da regeneração da vegetação secundária. Os dados sobre os fenômenos citados foram obtidos por meio dos projetos operacionais vinculados ao Programa de Monitoramento da Amazônia e Demais Biomas (PAMZ+) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [8].

O dado de desmatamento foi obtido na plataforma TerraBrasilis , a qual os disponibiliza através do Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES). Os dados fornecidos pelo PRODES apresentam uma série de classes, das quais foram selecionadas apenas as que representavam o fenômeno de desmatamento acumulado até o ano de 2020 para serem utilizadas neste trabalho [9]. O dado de degradação florestal foi obtido na mesma plataforma, mas proveniente dos dados do Sistema de Deteção de Desmatamento em Tempo Real (DETER). Atualmente, sua metodologia utiliza imagens do sensor WFI do CBERS-4A para identificação de alterações na cobertura florestal para emissão dos alertas [9]. A informação sobre a vegetação secundária foi conseguida por meio da plataforma do projeto Mapeamento do uso e Cobertura da Terra nas Áreas Desflorestadas da Amazônia Legal (TerraClass). Neste trabalho, foram utilizados os dados referentes à classe de regeneração de vegetação secundária para os anos de 2010, 2012 e 2014 do estado do Pará, os quais se apresentam em formato matricial e são os dados disponíveis até a execução deste trabalho [10].

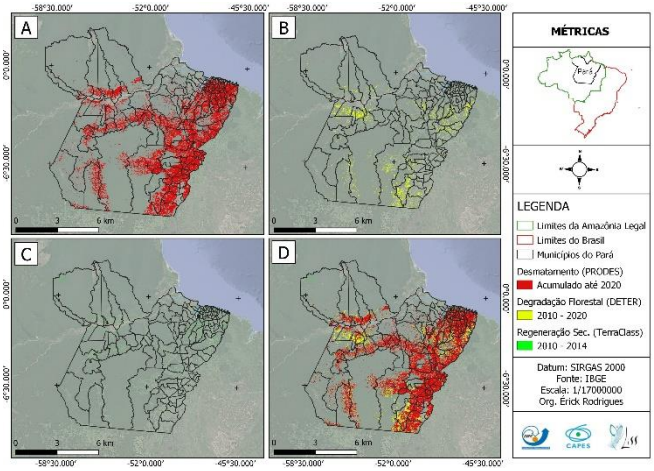


Figura 2. Dados de desmatamento (A), degradação florestal (B), regeneração de vegetação secundária (C) e todos eles juntos (D) obtidos para a área de estudo.

2.2. Criação do Índice de Distúrbio Florestal

Para estabelecer uma relação entre as métricas e agregá-las em uma mesma base espaço temporal, foi realizada uma análise por meio de espaço celular. Tal análise se baseia na criação de espaços celulares regulares que podem ser preenchidos com dados de diferentes fontes com o intuito de gerar variáveis para entrada em modelos ou para análises estatísticas e criação de indicadores ambientais, como nesse estudo.

Para realizar análises estatísticas entre as métricas de paisagem e os sistemas técnico-produtivos rurais, foram criados, de maneira empírica, espaços celulares de 5 x 5 km que foram preenchidos com a percentagem de cada dado (desmatamento, degradação florestal, regeneração) presente no interior de cada célula, como mostra a figura 3.

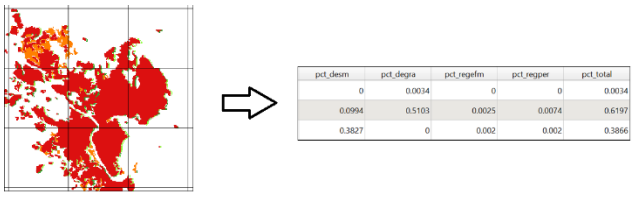


Figura 3. Processo de criação e preenchimento dos espaços celulares.

Através das percentagens de cada métrica presente nos espaços celulares, um índice sintético foi criado com o intuito de representar o grau de distúrbio florestal nas paisagens estudadas. Esse grau de distúrbio é representado pelo Índice de Distúrbio Florestal (IDF) que varia de 0 (baixo grau de distúrbio) a 1 (alto grau de distúrbio), áreas não representadas pelo IDF não fazem parte do escopo deste trabalho. A formulação desse índice é mostrada a baixo:

(pct_desm – pct_regveg + pct_degra)

Onde:

pct_desm: porcentagem de desmatamento;

pct_regveg: porcentagem de regeneração de vegetação secundária;

pct_degra: porcentagem de degradação.

2.3. Caracterização dos Sistemas Técnico-Produtivos Rurais

A caracterização dos sistemas técnico-produtivos rurais foi feita tendo como base o trabalho do economista Francisco de Assis Costa, para toda região da Amazônia Legal, através do conceito de *Trajetórias Tecnológicas* e com base no Censo Agropecuário de 2017. A partir dessa caracterização, foi calculada a TT dominante para cada município inserido nessa área a partir dos dados do Valor Bruto de Produção Agropecuária Anual do ano de 2017. Tais trajetórias, suas principais características e seus atores são apresentados na Tabela 1.

Trajetória Tecnológica (TT)		Agente
TT1	Sistema diversificado de cultivo em pequena escala (temporário ou permanente)	Camponês
TT2	Sistema Agroflorestal	Camponês
TT3	Pecuária de corte de pequena escala	Camponês
TT4	Pecuária de corte de larga escala	Patronal
TT5/TT6	Agricultura permanente de larga escala	Patronal
TT7	Agricultura anual de larga escala	Patronal

Tabela 1. Diferentes tipos de *trajetórias tecnológicas* e seus agentes.

3. RESULTADOS

A partir dos processos descritos na seção anterior, foi obtido como resultado o mapa apresentado na figura 4. Esse mapa exibe o grau de distúrbio florestal com base no Índice de Distúrbio Florestal, que foi estimado para cada paisagem estudada e classificado como "Muito Baixo" (0 – 0,20), "Baixo" (0,20 – 0,40), "Médio" (0,40 – 0,60), "Alto" (0,60 – 0,80) e "Muito Alto" (0,80 – 1).

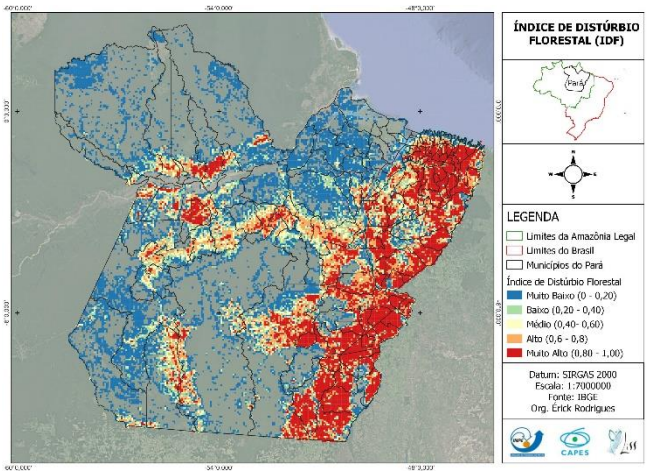


Figura 4. Mapa do grau de distúrbio florestal, com base no IDF, para os municípios do estado do Pará, Brasil.

A Tabela 2 apresenta a distribuição do IDF estimado para cada TT dominante em cada município. Com base nos dados dessa Tabela, um diagrama de caixa foi elaborado com o intuito de visualizar a relação entre as *trajetórias tecnológicas* e o grau de distúrbio florestal.

	TT1	TT2	TT3	TT4	TT5&6	TT7
Mínimo	0,01	0,00	0,44	0,01	0,06	0,04
Q3	0,91	0,60	0,88	0,92	0,87	0,85
Mediana	0,77	0,33	0,77	0,86	0,71	0,75
Q1	0.43	0,05	0,46	0,47	0,58	0,53
Máximo	0,99	0,92	0,96	0,99	0,06	0,93

Tabela 2. Dados de distribuição do IDF para cada *trajetória tecnológica* dominante em cada município.

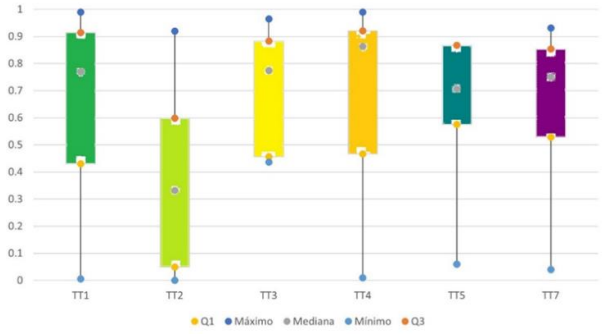


Figura 5. Diagrama de caixas representando o IDF para cada uma das Trajetórias Tecnológicas estudadas.

4. DISCUSSÃO

Primeiro, para a *trajetória tecnológica* 1, que é descrita como um sistema técnico-produtivo rural, que apresenta lavoura permanente ou temporária, que mantém um certo nível diversidade de cultivos, o Índice de Distúrbio Florestal obtido (IDF > 0.7) pode ser considerado alto, o que não era esperado. Esse fato pode ser explicado pela defasagem nos dados de regeneração na vegetação secundária que são referentes à janela temporal de 2010 a 2014, dado disponível pelo TerraClass até a execução deste trabalho. Além disso, outros fatores, como o tamanho dos municípios nos quais essa TT é dominante, o fato de outras TTs ocorrem em conjunto e a não utilização de uma métrica que representasse a classe de Floresta Primária, podem ter contribuído para esse resultado.

Para a TT2, caracterizada como um sistema fundamentado em uma estrutura diversa e baseada no contexto ecológico de produção, o IDF obtido ficou abaixo de 0,4 (baixo). Esse resultado está alinhado com informações da literatura que apontam que esse sistema técnico-produtivo rural se apresenta associado a paisagens florestais bem conservadas [4].

A trajetória tecnológica 3, apesar de ser caracterizada como um sistema construído com base na racionalidade camponesa, apresentou um alto Índice de Distúrbio Florestal (IDF > 0,7). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de tal sistema técnico-produtivo rural ocorrer em muitos municípios onde também ocorre a TT4, já que os dois sistemas trabalham com a pecuária, em que o primeira se caracteriza por uma produção em pequena e média escala e i segunda se dedica a produção de maior escala e extensiva [4].

Por fim, os sistemas técnicos-produtivos rurais das TTs 4, 5&6 e 7, que são orientados pela racionalidade Patronal, apresentaram um alto distúrbio florestal (IDF > 0,7). Esse fato pode ser explicado pelas principais características desses sistemas que, orientados pelo lucro e com o forte uso de maquinários e insumos químicos, proporcionam uma homogeneização e degradação da paisagem [4].

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados e na discussão deste trabalho, conclui-se que o uso de dados de vegetação secundária não atualizados impacta a medida do IDF e, portanto, prejudica a associação destas paisagens com os sistemas técnico-produtivos, em particular com sistemas camponeses (TT1 e TT3). O uso de uma medida para a caracterização de floresta primária também se faz necessário para reduzir o impacto sobre sistemas agroflorestais camponeses presentes nas trajetórias TT2.

Por fim, este trabalho apresenta um estudo preliminar metodológico para uma aproximação entre as relações de sistemas produtivos rurais e as paisagens florestais que eles produzem no estado do Pará. As limitações encontradas serão abordadas e superadas na fase seguinte que deve ampliar a análise para toda a Amazonia Legal. Assim, espera-se obter uma melhor caracterização das paisagens florestais produzidas pelos principais sistemas técnico-produtivos rurais hoje presentes na Amazônia brasileira.

8. REFERÊNCIAS

[1] S. Margulis. *Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira*. Brasília, DF: Banco Mundial, 100 p., 2003.

[2] P. Richards. *What drives indirect land use change? How Brazil's agriculture sector influences frontier deforestation.* Ann Assoc Ame Geogr. V.105, p.1026–1040. 2015.

[3] E. S. Brondízio *et al. Small Farmers and Deforestation in Amazonia*. Revista Amazonia and Global Change, p. p.117-143, 2013.

[4] G. Dosi. *Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change*. Research Policy, v. 11, n. 3, p. 147–162, 1982.

[5] F. A. Costa. *Trajetórias Tecnológicas como Objeto de Política de Conhecimento para a Amazônia: uma metodologia de delineamento*. Revista Brasileira de Inovação, v. 8, n. 1, p. 35–86, 2009.

[6] C. T. Codeço *et. al*. *Epidemiology, Biodiversity, and Technological Trajectories in the Brazilian Amazon: From Malaria to COVID-19*. Front. in Public Health, 14 p. 2021.

[7] J. R. Jensen. *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.* São José dos Campos, SP: Parêntese, 589 p., 2009.

[8] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. *Pará*: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama> Acesso em: 18 out. 2022.

[9] C. A. Almeida et. al. *Metodologia para Monitoramento da Floresta Usada nos Projetos PRODES e DETER*. INPE, São José dos Campos – SP, 2021.

[10] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Plataforma TerraBrasilis*: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/> Acesso em: 07 out. 2022.

[11] A. C. Coutinho *et al*. *Uso e Cobertura da Terra nas Áreas Desflorestadas da Amazônia Legal: TerraClass 2008*. Brasília, DF: Embrapa; Belém: INPE, 108 p. 2013.