

PADRÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DA PERDA FLORESTAL NA AMAZÔNIA LEGAL

Beatriz Ambrosio Garcia de Oliveira^{1,2}

Danylo Mendonça Magalhães^{1,3}

Felipe Gonçalves Amaral^{1,4}

Carla Bernadete Madureira Cruz^{1,5}

1. Laboratório ESPAÇO de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais – Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro

2. Estudante de Graduação em Ciências Matemáticas e da Terra – Universidade Federal do Rio de Janeiro (beaamgarcia@gmail.com)

3. Estudante de Graduação em Geografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro (magalhaesdanylo@gmail.com)

4. Doutorando em Geografia (PPGG) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (f.g.amaral19@gmail.com)

5. Professora Titular do Departamento de Geografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro (carlamad@gmail.com)

ABSTRACT

The Amazon supports several ecosystem services and serves as a huge repository of biodiversity for Brazil and the world. Since the arrival of Europeans in the region, the history of the forest has traced a path of loss and damage, becoming just a useful and economically profitable place. Since then, the loss of vegetation cover has been directly linked to unsustainable practices of replacing forest cover by anthropic uses, such as pasture and agricultural areas. The present study aims to analyze, within the political limit of the Legal Amazon, the forest losses in space and over a period of 33 years, thus understanding the best spatial and temporal cuttings to analyze the deforestation of the Amazon from the data of the annual forest coverage provided by the MapBiomass. Based on data from MapBiomass collection 4, organized and processed, it was possible to quantify forest suppression by periods. Therefore, from maps it is possible to interpret the spatial and temporal patterns of forest losses, thus understanding the most affected places in different periods.

Keywords: Amazon, Deforestation, Forest Losses.

Palavras-chave: Amazônia, Supressão, Sensoriamento Remoto, Desmatamento.

INTRODUÇÃO

Apesar de conhecida mundialmente como “pulmão do mundo”, a floresta amazônica possui importâncias muito mais significativas, uma vez que grande parte do oxigênio produzido é consumido pela própria floresta. Além de ser uma enorme reguladora climática e estocar carbono, a Amazônia serve como um enorme repositório de biodiversidade para o mundo, onde todas as espécies deste sistema representam soluções para um conjunto de desafios biológicos (LOVEJOY, 2019). Devida sua importância, e a conjuntura ambiental do fim do século XX, o monitoramento sistemático do desmatamento da área começou com a criação do PRODES (Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal) pelo INPE, em 1988, evoluiu

com a criação do DETER (Sistema de Detecção em Tempo Real) em 2004 e hoje há diversas fontes de dados sistemáticos ligadas a supressão da maior floresta equatorial do mundo.

É um fato ainda que o desmatamento não começou em 1988, a maior evidência dessas supressões anteriores é dos outros usos em locais que deveriam ser floresta (FEARNSIDE, 2005). Essa mudança paisagística vai do uso do homem primitivo (IMAZON, 2015), e evolui com a chegada dos europeus na região (LOUREIRO, 2002), traçando com eles um caminho de perdas e danos para floresta, tornando-a apenas um lugar útil e rentável economicamente (ADEOATO, 2011).

Com isso, a maior parte da perda da cobertura vegetal está diretamente ligada a práticas de integração e ocupação por meio a partir de construção de infraestruturas (BECKER, 2005) e exploração de matérias primas como a madeira, a borracha, de frutos como o cacau e a castanha, e posteriormente de terras para plantação de soja e criação de gado (LUPION, 2020).

A proposta desse trabalho está ligada a supressão florestal da Amazônia Brasileira, optou-se por utilizar a palavra **supressão** para que fosse possível incluir além do desmatamento ilegal, as dinâmicas naturais de perda florestal, como queimadas em épocas do ano mais secas, supressões permitidas pela legislação e, principalmente, por mudanças inconstantes da cobertura que podem substituir a floresta por outras coberturas naturais, principalmente em áreas de transição entre biomas e ecossistemas.

Atualmente, as pesquisas científicas voltadas para entender a funcionabilidade da floresta em relação ao planeta estão em crescimento, como o estudo da bióloga Juliana Schietti (INPA) que versa sobre conhecer as características de árvores de espécies abundantes na floresta para auxiliar nas estimativas de estoques de carbono e possíveis emissões para atmosfera. A floresta amazônica ocupa 60% do território brasileiro e, com isso, a pressão em cima de políticas de preservação aumentam cada vez mais. Isso porque a Amazônia é um grande reservatório de carbono e auxilia na regulação do clima da América do Sul, principalmente no Brasil. Sendo assim, entender a supressão florestal no decorrer dos anos faz possível não só tornar público os interesses políticos ligados à cobertura da terra e à conservação da floresta como também prever os próximos passos que poderão ser tomados.

O objetivo principal desse trabalho é identificar as perdas florestais na Amazônia Legal num período de 33 anos, através de uma análise voltada aos melhores recortes espaciais e temporais que possibilitem o entendimento de padrões da supressão da

floresta com o apoio de dados secundários anuais da cobertura e uso da terra. Dessa forma pretende-se responder onde e quando ocorreram as supressões, definir os intervalos temporais mais representativos dos padrões das perdas, espacializar esta dinâmica e quantificar as supressões observadas por recortes espaciais.

METODOLOGIA

Como já mencionado anteriormente, a área de estudo dessa pesquisa é a Amazônia Legal, um conceito criado pelo governo brasileiro como forma de planejar e promover o desenvolvimento social e econômico na região amazônica, seu recorte parte de um princípio sociopolítico e não biogeográfico, uma vez que possui mais do que o bioma amazônico. Seu território ocupa 61% do solo brasileiro, e abrange 9 estados com suas mesorregiões e microrregiões (Figura 1).

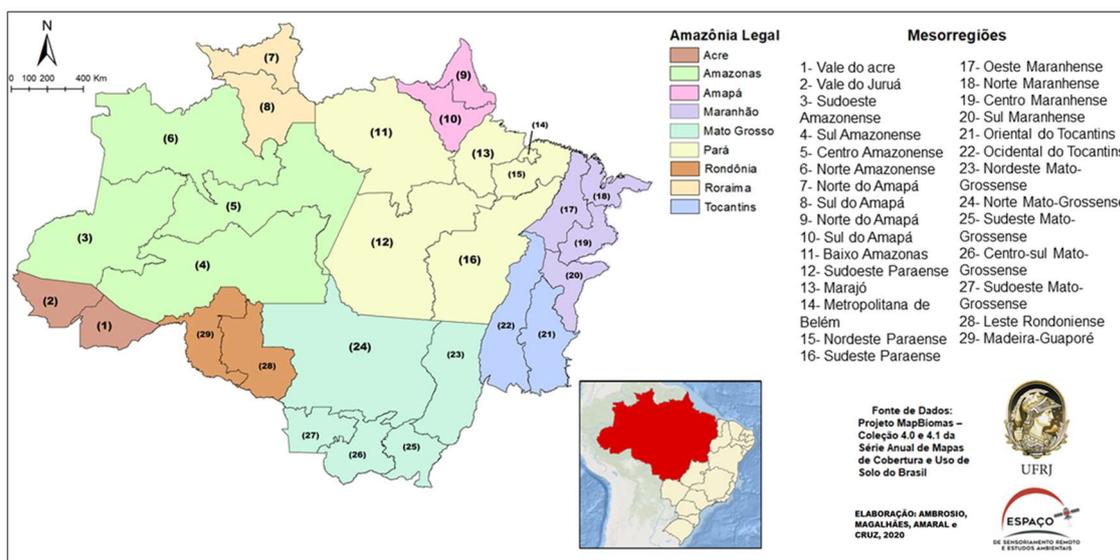


Figura 1 – Organização Territorial da Amazônia Legal

A principal base de dados utilizada foi a cobertura da terra anual advinda do MAPBIOMAS, o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (*MapBiomias*¹) que tem por objetivo desenvolver e implementar uma metodologia rápida, confiável e de baixo custo para geração de mapas anuais de cobertura e uso do solo do Brasil a partir de 1985 e com disponibilidade anual até o ano de 2018². Os mapas disponibilizados são gerados a partir da classificação de imagens dos satélites Landsat (5, 7 e 8, até o presente) de 30m de resolução espacial, com apoio de aprendizado de máquina. Os mapas utilizados neste trabalho, referentes a 33 anos de representações

¹ O *MapBiomias* é uma iniciativa do SEEG/OC (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima) e é produzido por uma rede colaborativa de cocriadores formado por ONGs, universidades e empresas de tecnologia organizados por biomas e temas transversais. <https://mapbiomas.org/o-projeto>

² Atualmente está para ser lançado o ano de 2019.

da Amazônia Legal, são frutos desta iniciativa. As análises espaciais desenvolvidas se apoiaram na plataforma ArcGIS, programa de sistema de informações geográficas composto por ferramentas de análise espacial e raciocínio analítico que oferece um conjunto de funcionalidades baseadas em localização (geoinformação). Realizou-se, desta forma, o tratamento e estruturação dos dados secundários em um banco de dados espaciais para a Amazônia.

Foi necessária a execução de processos de reclassificação, mosaicagem e recortes para que obtivéssemos os mapas anuais da Amazônia Legal de modo a subsidiar a análise de suas dinâmicas de supressão. Com ele foi possível quantificar o total de floresta natural remanescente na área e, com o auxílio de tabelas e gráficos, realizar uma análise de toda a série temporal de modo a identificar os períodos caracterizados por determinados comportamentos e espacializados.

Para facilitar a compreensão de padrões de supressão, optou-se pela segmentação temporal da série de dados através da determinação de pontos de inflexão de mudanças no comportamento da supressão. Os intervalos gerados passaram a representar, desta forma, períodos de comportamento similar em relação à perda florestal (ex: estabilidade, aumento crescente). Foram identificados sete períodos de interesse conforme os critérios de intensidade de supressão observada, somados à fase de período total (1985 e 2018). Assim, o objetivo não foi o de definir períodos de intervalos iguais, mas sim de comportamentos coerentes quanto ao fenômeno de interesse.

Posteriormente à segmentação dos intervalos temporais, foram confeccionados mapas representativos de cada fase de modo a que se pudesse compreender espacialmente como se deu a perda florestal durante o tempo de observação. Paralelamente, foi construído um mapa da perda total, referente ao intervalo de 1985 a 2018, com o intuito de identificar a perda florestal acumulada num contexto geral, possibilitando saber onde e quando ocorreram as supressões florestais mais significativas na Amazônia Legal. Gerou-se ainda um mapa síntese da supressão florestal por período de análise. Com os mapas foi possível ainda calcular as taxas de supressão totais e por período por estado, o total da supressão e a porcentagem de floresta perdida por mesorregião.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos foram organizados em 3 grupos, em que (i) se identifica a supressão florestal representada de forma quantitativa por meio de gráficos; (ii) se

mapeia as perdas observadas na análise da série; e (iii) busca-se uma representação qualitativa que possibilite a compreensão dos níveis de supressão. A imagem apresentada na Figura 2(a) nos mostra a supressão florestal anual de 1985 a 2018, onde foram identificados os sete intervalos de estudo com base na linha de perda total. Observa-se que o desmatamento sempre ocorreu de forma contínua (mesmo que reduzido, como é o caso do período entre 1990 e 2010) e que a curva de perda total nunca decaiu. O gráfico da taxa deixa mais evidente como a supressão se comportou nos últimos 33 anos, e pode ser comparado com os respectivos governos e políticas ambientais de cada época (Figura 2 (b)).

Com esse gráfico foram definidas sete fases de estudo da supressão florestal, que foram: **Fase I**, de 1985 a 1989, Crescimento Constante; **Fase II**, de 1989 a 1992, Estagnação; **Fase III**, de 1992 a 1998, Crescimento Constante Acelerado; **Fase IV**, de 1998 a 2003, Crescimento Não-Constante; **Fase V**, de 2003 a 2010, Decrescimento; **Fase VI**, de 2010 a 2014, Quase Estagnação; e **Fase VII**, de 2014 a 2018, Crescimento.

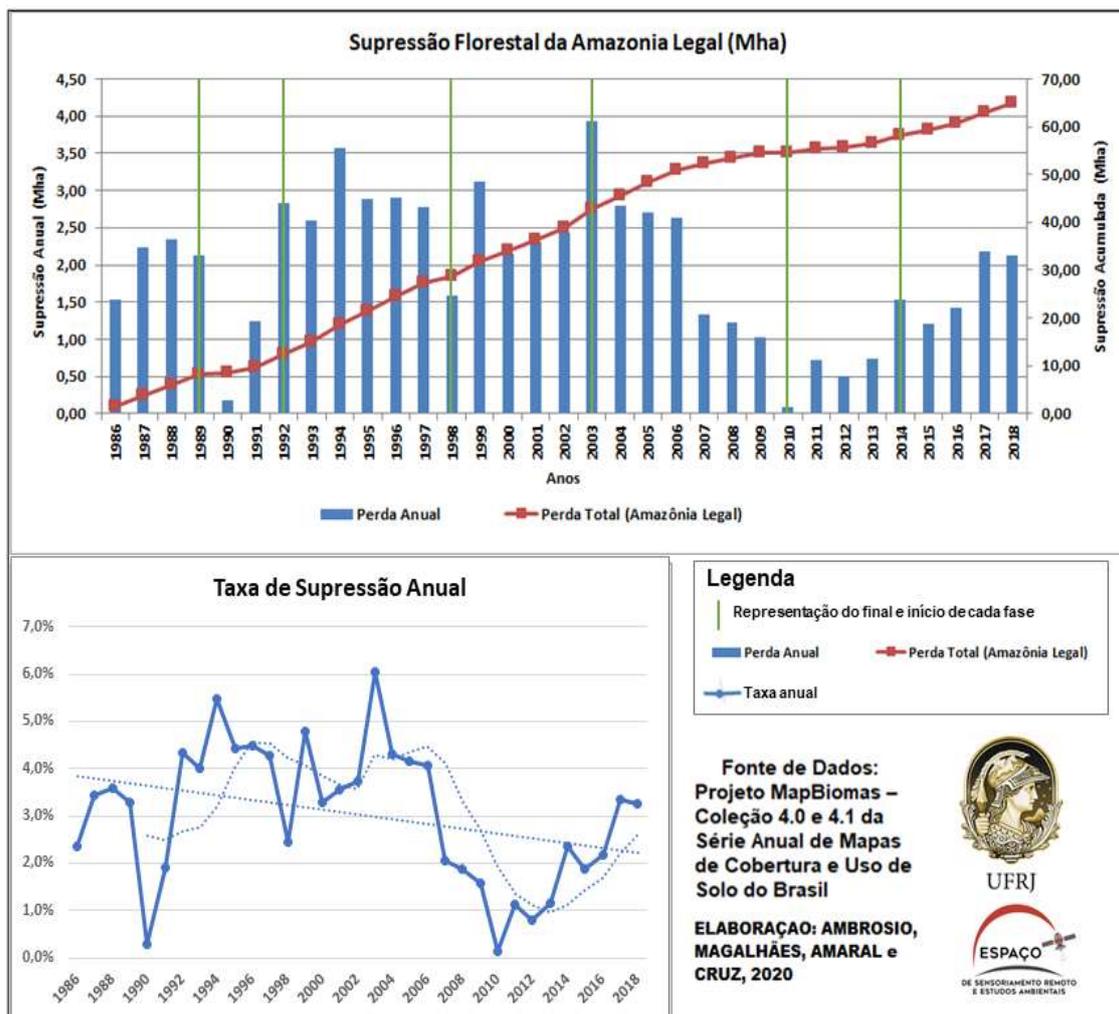


Figura 2 – (a) Supressão florestal anual e total (b) Taxa da Supressão Anual

A Tabela 1 explicita a relação à supressão relacionando as fases de estudo. Observa-se que o período de maior supressão total foi o III, embora a maior perda média anual corresponda ao período seguinte, o que era esperado dado que 2003 foi o ano de maior supressão, o que pode ter causado essa mudança.

TABELA 1 – SUPRESSÃO FLORESTAL POR PERÍODO DE ANÁLISE

Períodos	Taxa de Supressão	Média Anual da Supressão
1985 – 1989 (I)	12,7%	2,5%
1990 – 1992 (II)	6,5%	2,2%
1993 – 1998 (III)	25,1%	4,2%
1999 – 2003 (IV)	21,4%	4,3%
2004 – 2010 (V)	18,2%	2,6%
2011 – 2014 (VI)	5,4%	1,4%
2015 – 2018 (VII)	10,7%	2,7%

A Figura 3 representa a espacialização dos resultados totais apresentados na Figura 2 e na Tabela 1.

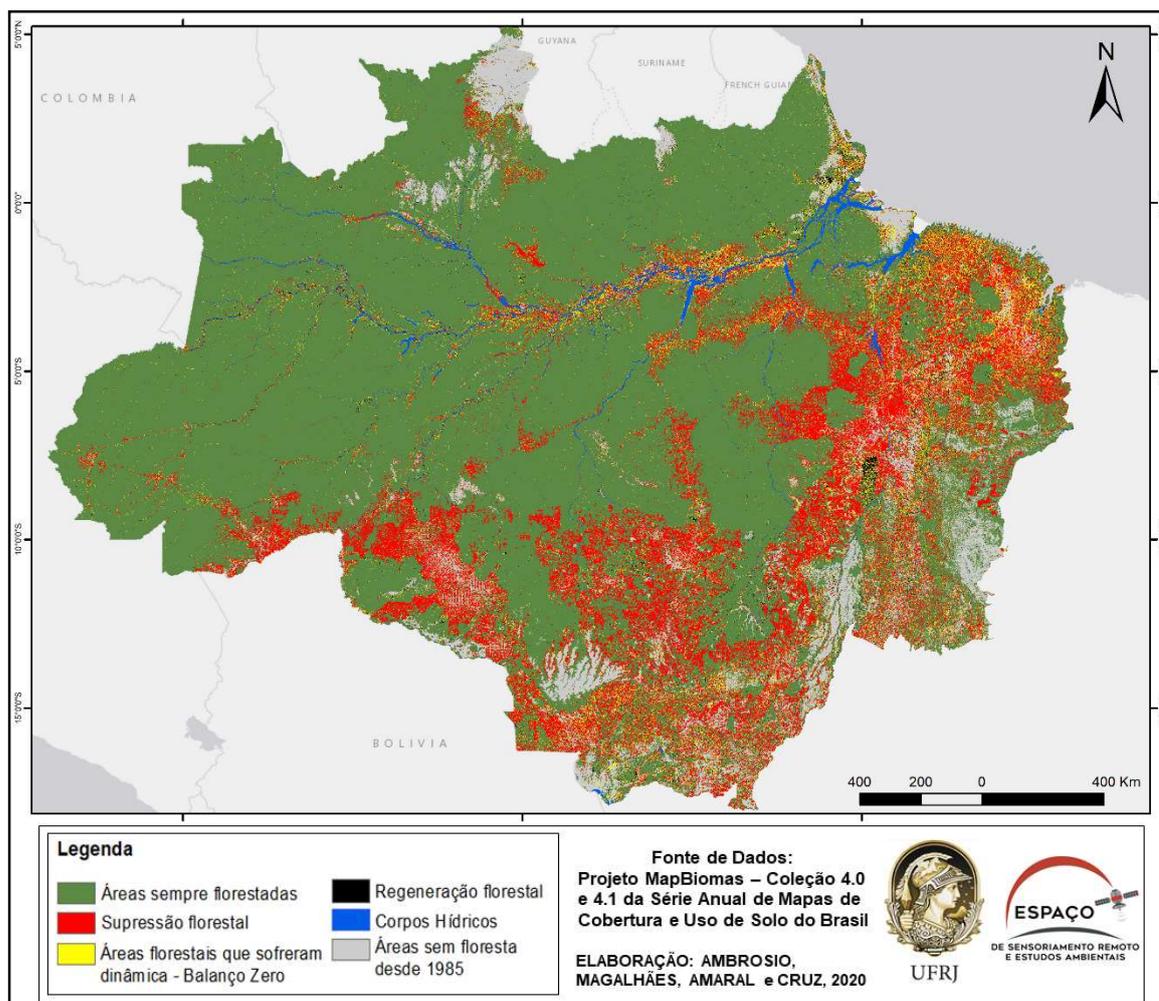


Figura 3 - Mapa de Espacialização da Supressão Total

O que se pode observar é que a supressão não é uniforme, e está muito mais presente na parte sul e leste da Amazônia Legal) – que correspondem aos estados do Mato Grosso e Tocantins na parte Sul, e Maranhão e Pará na parte Leste; observando-se ainda que há uma tendência de ocorrências em margens de rodovias e rios, as chamadas zonas de tensão. Já as áreas de regeneração não obedecem a um padrão constante, sendo encontradas em muitos momentos de forma espaçada umas das outras, embora destacam-se umas grandes áreas entre os estados do Pará e do Tocantins, ainda em investigação.

A espacialização observada na floresta sem mudança é padronizada pelas áreas de menor influência antrópica, logo as áreas mais isoladas. Além disso, há as áreas remanescentes próxima a outras bem dinamizadas, o que pode configurar áreas protegidas por alguma medida legal. Há ainda as áreas onde a dinâmica é cíclica, principalmente próximo a corpos d'água e formações naturais, essas áreas foram chamadas de Áreas Florestais de Balanço, ocorre quando, entre dinâmicas de supressão e regeneração, o resultado final da região permanecer floresta.

A análise temporal de maior detalhe baseou-se no mapeamento considerando-se as perdas registradas nos intervalos temporais determinados apresentadas na Figura 4.

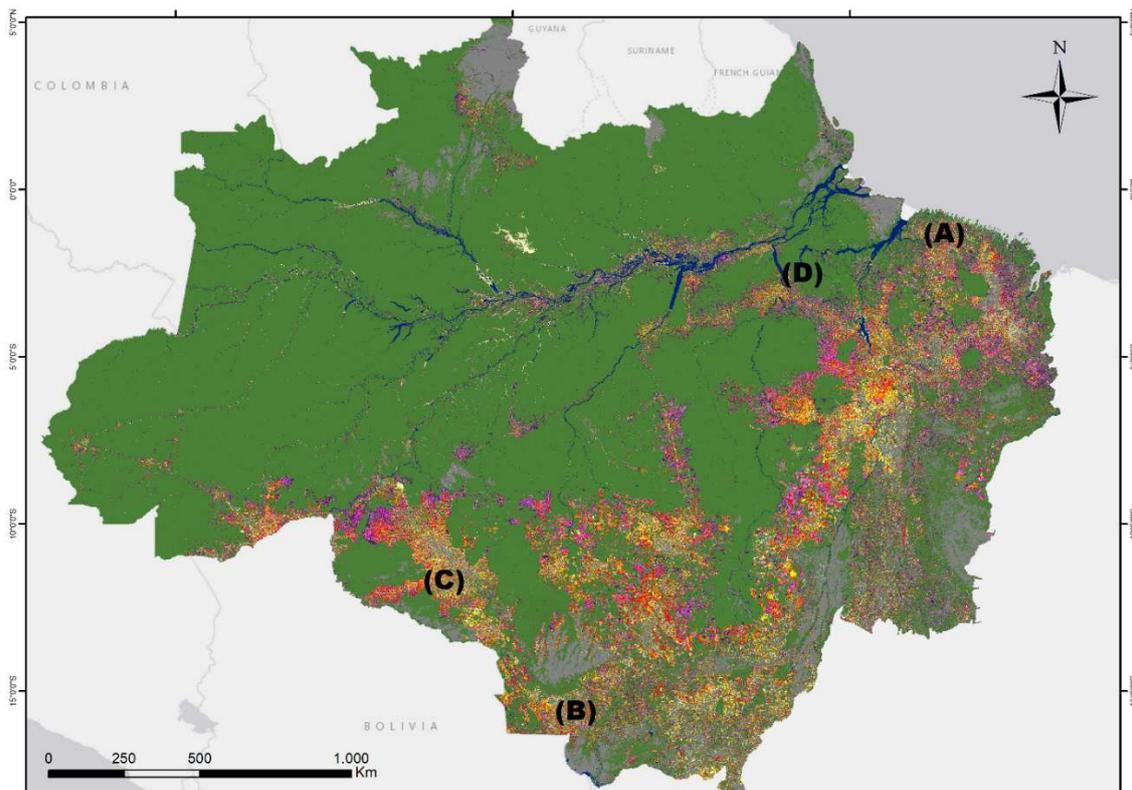


Figura 4 – (Cont.)

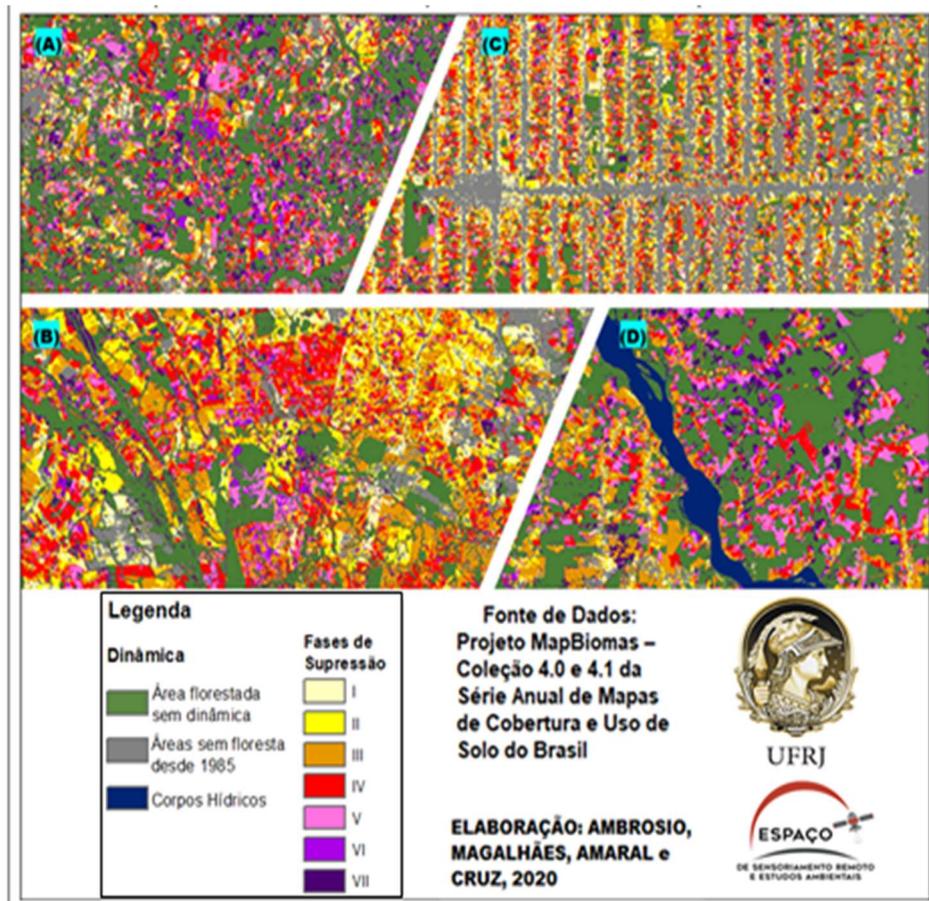


Figura 4 - Espacialização das fases de supressão (a) Floresta fragmentada – PA; (b) Arco Inferior – MT; (c) Espinha de Peixe – RO; (d) Margens do Rio Xingu - PA

É possível observar mais claramente através deste mapa que a interiorização da supressão, que foge ao conceito de Arco de Desmatamento (Pará, Tocantins e Mato Grosso), se dá em maior intensidade nos períodos mais recentes (tons mais escuros). As áreas visivelmente mais afetadas nos períodos I e II correspondem aos estados de Rondônia, Mato Grosso, Tocantins e Maranhão. Nos períodos de III a V a supressão se agrava nesses estados, cresce substancialmente no Acre e se concentra fortemente no Pará. Nos últimos dois períodos (VI e VII) todos os estados sofrem perdas, observando-se ainda a chegadas da supressão no interior do estado do Amazonas.

As novas flechas da supressão nos mostram novas áreas que ocorrem a interiorização da supressão, podendo ser iniciadas em margens de rios, de estradas, ou em novas áreas de plantação. Observa-se que caminha do sul pro norte, do sul pro noroeste, e adentrando as áreas que eram mais isoladas. Já as espinhas de peixe ocorrem com a supressão de uma infraestrutura ao longo do tempo, geralmente partindo radialmente de rios e rodovias. A figura 4(a) nos mostra como funciona a fragmentação da floresta. A supressão vai ocorrendo de forma ligeira e imperceptível por ser tratar de

blocos entre cidade e floresta. Assim, com o tempo a floresta se fragmenta em pequenas partes e a torna suscetível de desaparecer nesses lugares. É possível observar esse comportamento mais presente no estado do Pará e do Mato Grosso.

A partir dos dados de supressão total e de supressão por períodos, foi elaborado um mapa que regionaliza o resultado apresentado nas Figuras 3 e 4, onde a supressão total é agregada por mesorregião, sendo também possível entender a dinâmica temporal da supressão por estados. Foi introduzido uma escala de Graus de Perda Florestal, onde o Grau 1 é de menor perda, e vai até o Grau 6, de maior perda.

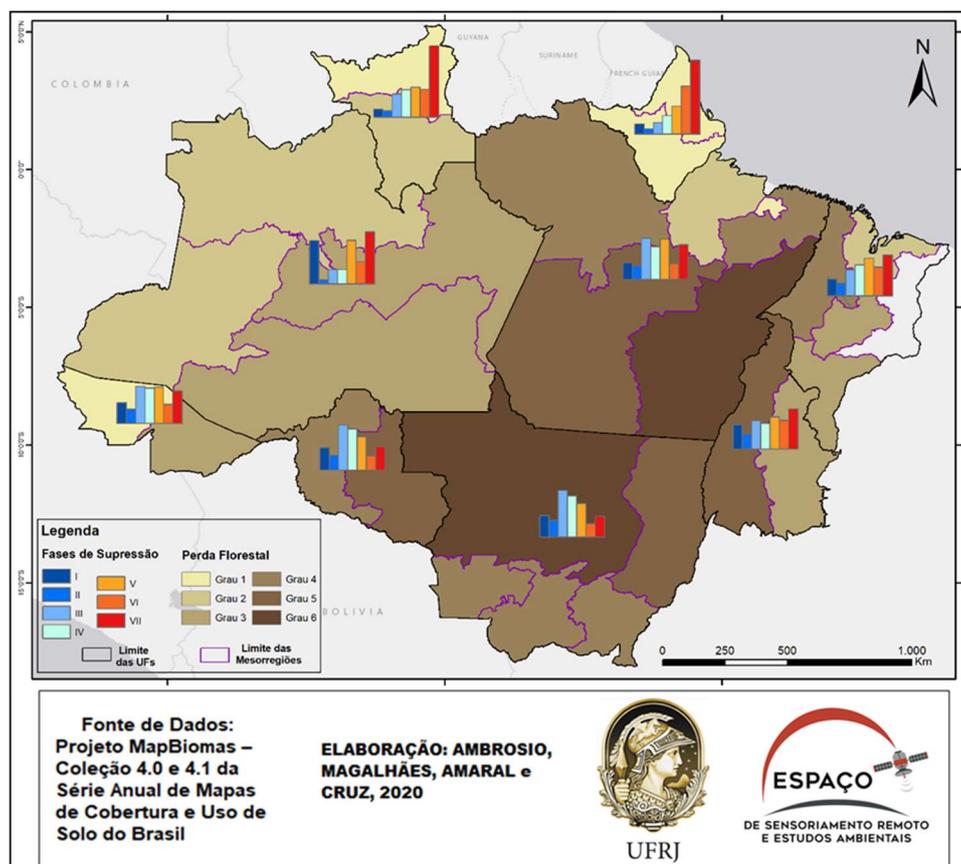


Figura 5 – Regionalização da supressão florestal por mesorregião e Dinâmica de Supressão por Unidade de Federação

O que se observa é que a supressão não ocorre uniformemente num mesmo estado, tanto no total de perda florestal quanto ao longo do tempo. Analisando os estados em si, podemos ver que a maioria sofreu picos de perda nos períodos III, IV e V, e depois no período VII. Já nas mesorregiões, a perda florestal ocorreu mais fortemente em áreas onde se localiza o Arco de Desmatamento do que no resto da Amazônia Legal, o que mostra como a supressão que se interioriza é mais recente. Observando as duas áreas, podemos ver que o padrão temporal não funciona da

mesma forma. O estado do Mato Grosso apresentou 3 tipos de graus de supressão distribuídos nas mesorregiões, enquanto que o Amapá, por mais que tenha ocorrido um grande crescimento na supressão período VII, mais recente, permaneceu no grupo de Grau 1 de supressão em suas duas mesorregiões.

A Tabela 2 nos mostra numericamente os resultados do mapa apresentado na Figura 5. Podemos ver que o estado do Mato Grosso foi o que mais desmatou no total, seguido do Pará. Mas é possível observar que os estados do Maranhão e Rondônia possuem taxas muito próximas a esses estados citados, sendo que as áreas desse estados são bem menores, o que torna a supressão mais grave e evidente. Sendo assim, os dados nos mostram que o período mais desmatado foi o VII, seguido do V, relativo aos outros.

TABELA 2 – TAXAS DE SUPRESSÕES TOTAIS POR ESTADO

% / UF	AC	AM	AP	MA	MT	PA	RO	RR	TO
Fase I	11%	22%	5%	9%	11%	9%	11%	4%	12%
Fase II	7%	2%	3%	7%	9%	7%	8%	3%	8%
Fase III	19%	7%	6%	13%	24%	21%	23%	12%	15%
Fase IV	18%	7%	9%	16%	21%	17%	21%	14%	13%
Fase V	19%	22%	14%	19%	17%	21%	17%	15%	17%
Fase VI	10%	11%	25%	15%	7%	8%	7%	14%	15%
Fase VII	17%	27%	38%	21%	11%	18%	12%	37%	21%
Total	2%	6%	1%	10%	34%	28%	10%	1%	7%

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos atenderam aos objetivos delineados da pesquisa. É relevante apontar a dificuldade de trabalhar com um conjunto de dados abrangente tanto temporalmente, quanto espacialmente, nas condições atuais de isolamento, dado que este grande volume de dados demanda espaço em disco e tempo de processamento. Muitas dificuldades encontradas estavam relacionadas a estes problemas que complicaram a geração de um banco de dados tão grande e que exigiram constantes adaptações.

Apesar disto, foi possível com as representações geradas abarcar a linha temporal disponibilizada de modo a que fosse possível compreender os padrões espaço-temporais da supressão florestal, tanto em relação aos estados, quanto em relação às mesorregiões. A geração de taxas de supressão anuais, no espaço e no tempo, possibilitou uma maior completude de informações. O mapa final reuniu todos os resultados gerados, facilitando a compreensão da dinâmica da supressão florestal na área e no tempo.

Foi possível determinar regiões de tensão que ajudam a prever para onde a supressão tende a seguir e, principalmente, quantificar essa perda para melhor entendimento. Foram identificados padrões de desmatamentos, que variam de formatos em períodos variados como os padrões de espinha de peixe, de blocos e de franja. Foi possível ainda observar que áreas de estrada, rodovias, margens de rio e fronteiras de *estado x estado* e *estado x país* são propensas a serem suprimidas e constituir o ponto de partida para uma grande perda florestal contínua, e que a tendência é de ocorrer uma fragmentação da floresta na parte Noroeste da Amazônia, assim como podemos ver que já aconteceu na parte Sul e Leste da mesma.

O presente estudo abre portas para novas linhas de pesquisa, que objetivem analisar os resultados oriundos de políticas conservacionistas e/ou não conservacionistas no período entre 1985 e 2018, ou a elaboração de cenários para os remanescentes florestais. Também é possível se aprofundar em cada período de estudo e aprofundar as análises para o Bioma Amazônico e Arcos de Desmatamento – focando principalmente no Noroeste da Amazônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEODATO, S. et al. Madeira de ponta a ponta: o caminho desde a floresta até o consumo. São Paulo: FGV. RAE, 2011.

BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. Estudos avançados, v. 19, n. 53, p. 71-86, 2005.

FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e consequências. Megadiversidade 1(4): 113-123. 2015 [http:// www.conservation.org.br/publicacoes/megadiversidade/16_Fearnside.pdf](http://www.conservation.org.br/publicacoes/megadiversidade/16_Fearnside.pdf)

IMAZON. A floresta habitada: História da ocupação humana na Amazônia. 2015. Disponível em: <https://imazon.org.br/a-floresta-habitada-historia-da-ocupacao-humana-na-amazonia/#:~:text=%C3%80%20%C3%A9poca%20do%20primeiro%20contato,430%20mil%20ind%C3%ADgenas%20na%20Amaz%C3%B4nia>.

LOUREIRO, V. R. Amazônia: uma história de perdas e danos, um futuro a (re)construir. Estud. av., São Paulo, v. 16, n. 45, p. 107-121, ago. 2002. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142002000200008>.

LOVEJOY, T. A importância fundamental da biodiversidade da Amazônia para o mundo, The World Bank, 2019. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/noticias/27506-inpe-comemora-52-anos-de-existencia/>

LUPION, B. Exploração e destruição marcam história da Amazônia, 2020. <https://www.dw.com/pt-br/explora%C3%A7%C3%A3o-e-destrui%C3%A7%C3%A3o-marcam-hist%C3%B3ria-da-amaz%C3%B4nia/a-52244974>.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – Coleção 4.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 09/03/2020 através do link: <https://mapbiomas.org/>.