

INFLUÊNCIA DA RECORRÊNCIA DO FOGO NO ESTOQUE DE BIOMASSA DO MARANHÃO

Paulo Henrique A. Leão¹, Liana Oighenstein Anderson¹, Ana Larissa Ribeiro de Freitas¹, Swanni T. Alvarado², João Bosco Coura dos Reis¹, Izadora Santos de Carvalho⁵, Celso Henrique L. Silva-Junior⁴, Eduarda Vaz Braga⁸, Taíssa Rodrigues⁹, Thaís Pereira de Medeiros³, Tiago Massi Ferraz¹¹, Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão³, Daniel Borini⁵, Wesley Augusto Campanharo³, Ana Carolina Moreira Pessôa¹, Nathália Silva de Carvalho³, Denilson da Silva Bezerra⁷, Fabricio Brito Silva⁸

¹National Center for Monitoring and Early Warning of Natural Disasters (CEMADEN) {henri.leaos@gmail.com; liana.anderson@cemaden.gov.br; ana.defreitas@cemaden.gov.br; joaodosreis89@gmail.com; acmoreirapessoa@gmail.com}; ²Facultad de Ciencias Naturales. Universidad del Rosario {swanni_ta@yahoo.es}; ³National Institute for Space Research - INPE {thais.pereira@inpe.br; luiz.aragao@inpe.br; wesley.campanharo@inpe.br; nathalia.bioufla@gmail.com}; ⁴University of California {celsohlsj@gmail.com}; ⁵Universidade Estadual do Maranhão {ferraztm@gmail.com; izadoraflorestal@gmail.com; danielborini.geo@gmail.com}; ⁶Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão {taissa.rodrigues@uemasul.edu.br; eduardabraga.20200003458@uemasul.edu.br}; ⁷Universidade Federal do Maranhão {denilson.bezerra@ufma.br}; ⁸CEUMA {fabricio.brito@ceuma.br}

RESUMO

A contenção das mudanças climáticas globais requer a diminuição das emissões de GEE. A quantificação das emissões e remoções e suas tendências se faz relevante para o entendimento e estimativa da contribuição antrópica para essas mudanças. Esta dinâmica é influenciada por diversos processos, como mudança de uso e cobertura da terra, incêndios e queimadas. Esta pesquisa objetiva responder: 1) Qual a média de biomassa por classe de uso e cobertura da terra no Maranhão; e 2) Como a recorrência de fogo afeta o estoque de biomassa nas classes de uso e cobertura da terra? As classes de vegetação de maior representatividade foram: FF - 121,13 ± 26 Mg/ha; FS - 54,67 ± 49; e FC - 13,55 ± 17 Mg/ha. O aumento de recorrência de áreas queimadas causou a diminuição dos valores médios de biomassa nas classes FF e FC, contudo, a resposta da classe FS apresentou um comportamento divergente.

Palavras Chave - Uso e cobertura da terra, Incêndios, biomassa acima da terra.

ABSTRACT

Native vegetation biomass is influenced by several processes, such as land use, land cover change, fires, etc. Thus, this research aimed to answer the following questions about the state of Maranhão (Brazil), located in the Amazon-Cerrado transition zone: 1) what is the average biomass per type of land cover?; and 2) how does the fire recurrence affect the biomass in different land cover types? To answer these questions, we used a remote sensing dataset with information on land cover, a burned area, and aboveground biomass. Our results show that the most representative vegetation classes were Forest - 121.13 ± 26 Mg/ha; Savanna - 54.67 ± 49; and Grassland - 13.55 ± 17 Mg/ha. Furthermore, the increase in the recurrence of

burned areas caused a decrease in the average values of biomass in the Forest and Grassland classes; however, the response of the Savanna class presented a divergent behavior.

Key words — Land use and land cover, Fires, AboveGround Biomass.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com as mudanças climáticas e a emissão de gases de efeito estufa (GEE) são pautas recorrentes nos últimos anos. Dentre as iniciativas internacionais, é possível citar o Acordo de Paris, que definiu como meta entre os governos, manter o aumento de temperaturas a menos dois graus até o final do século [1]. O esforço para diminuir as temperaturas requer o desenvolvimento de metodologias para a quantificação das emissões e das remoções de GEE; de análises de tendências desde escalas nacionais à escalas globais[1]-[3]; da atribuição precisa de fontes e de sumidouros à processos antropogênicos e naturais; além da construção de um escopo para os inventários nacionais de GEE [1].

O Brasil possui instrumentos legais para atender às metas do Acordo de Paris, como a Política Nacional de Mudanças Climáticas, que inclui a redução de emissões de desmatamento e degradação (REDD+) [5]-[7]. No entanto, o reconhecimento dos fluxos de carbono (C) terrestre ainda é desafiador, uma vez que apesar das opções metodológicas, os dados para quantificar o balanço das informações ainda são escassos para diversos biomas [2]-[3]. Dentre estes dados escassos, estão principalmente a estimativa da biomassa acima da terra (AGB) e seus fatores de influência, como as forças climáticas, o desmatamento e a degradação florestal[4].

Os biomas Amazônia e Cerrado estão sob constante pressão tanto pelo desmatamento quanto pela ocorrência do

fogo, um dos mais atuantes processos de degradação florestal [5]. Distúrbios antrópicos, como o corte seletivo, o avanço do desmatamento, o qual, por sua vez, leva à intensificação do processo de geração de bordas florestais [13] e o escape do fogo para as áreas de vegetação nativa, utilizado no manejo agrícola, levam à degradação florestal, impactando os estoques e emissões de carbono.

O estado do Maranhão possui uma área de 331.984 km² em que 34,8% pertence ao bioma amazônico, 64% ao bioma cerrado e 2,2% para o bioma caatinga [14]. Na última década, o desmatamento no Maranhão cresceu 3.052 km² [15]. A atenção para esse estado é urgente, pois o fogo tem atingido até mesmo as Unidades de Conservação (UCs) [5], um ponto alarmante, tendo em vista que estas áreas são legalmente criadas para a proteção e conservação de ecossistemas únicos. Compreender melhor o quadro geral do estado e as mudanças que acontecem podem auxiliar os tomadores de decisão na formulação de medidas protetivas para estas áreas. Neste contexto, esta pesquisa objetiva responder às seguintes perguntas: 1) Qual a média de biomassa por classe de uso e cobertura da terra no Maranhão; e 2) Como a recorrência de fogo afeta o estoque de biomassa nas classes de uso e cobertura da terra?

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para esta pesquisa, foram estudados os dados do projeto CCI BIOMASS, que fornece estimativas espacialmente explícitas de AGB para o ano de 2018 [4]. O produto consiste em conjuntos de dados globais com estimativas de AGB. Os dados referentes a ocorrência e recorrência de área queimada foram obtidos pela fusão dos produtos globais MCD64A1 [10] e Fire_CCI [11] para a série temporal de 2010 a 2018, conforme a metodologia de [8] e [9].

Por último, o dado de uso e cobertura da terra do ano de 2018 para o estado do Maranhão foi obtido da coleção 7 do Projeto MAPBIOMAS [6]. Todos os dados foram amostrados para a menor resolução espacial entre os produtos, 30m. As áreas de vegetação natural foram selecionadas como região de interesse para estabelecer a relação deste produto com a área queimada e a biomassa em 2018. As classes são: Formação Florestal (FF); Formação Savânica (FS); Mangue (MAN); Silvicultura; Campo Alagado e Áreas Pantanosos (CAP); Formação Campestre (FC); Pastagem (PS); Cana (CAN); Mosaico de Agricultura e Pastagem (MAP); Apicum (AP); Soja (SJ); e Outras Lavouras temporárias (OLT).

3. RESULTADOS

3.1. Estoque de AGB para o ano de 2018

As classes de interesse que tiveram maior representatividade, em relação à área total, no Estado do Maranhão são: FF, representando 36% da área, seguido pela FS com 27% da área. No que concerne a biomassa média

para as classes de maior representatividade, foi obtido: FF - 121,13 ± 26 Mg/ha; FS - 54,67 ± 49; FC - 13,55 ± 17 Mg/ha. Outras classes de vegetação variaram entre 63 a 65 Mg/ha (MAN e SI), 42 Mg/ha (MAP), 24 a 29 Mg/ha (CAN, CAP e PS). 9 a 13 Mg/ha (FC, OLT, AP), e 2 Mg/ha (SJ).

Em termos territoriais, as maiores concentrações de AGB estão nas terras indígenas Alto Turiaçu (318,65 ± 169 Mg/ha), Araribóia (174,94 ± 101 Mg/ha), Caru (174,94 ± 101 Mg/ha) e Awa (174,94 ± 101 Mg/ha). Além das unidades de conservação na amazônia maranhense, como a Reserva Biológica do Gurupi (198,66 ± 115 Mg/ha). Nessas áreas, o bioma amazônico do Maranhão é preservado, concentrando os fragmentos de floresta amazônica remanescentes do desmatamento [5].

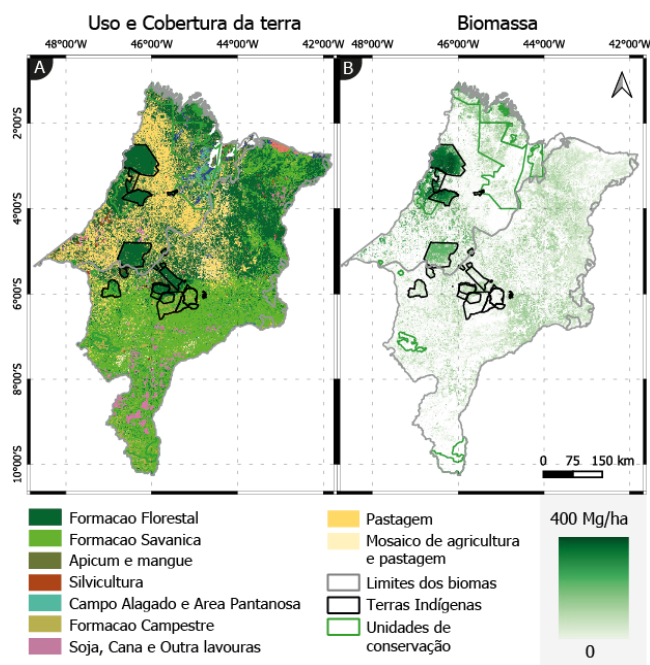


Figura 1:A) Uso e cobertura da terra; B) Gradiente de biomassa (Mg/ha)

3.2. Recorrência de fogo

Durante o período de 2010 a 2018, o estado teve 129.284 km² de área queimada, das quais 134 km² (0,1%) queimaram durante todos os anos analisados. Observa-se áreas queimadas com uma recorrência de 5 vezes ou mais nas terras indígenas, Cana Brava no bioma Cerrado (figura 2A), Araribóia no bioma Amazônia (Figura 2B) e nas terras indígenas próximas a REBIO Gurupi, na amazônia maranhense (figura 2C). Além das terras indígenas, houveram áreas com uma frequência de queimadas de 5 vezes ou mais no cerrado em proximidade de Balsas (Figura 2D), polo agrícola do estado, o Parque Nacional da Chapada das Mesas (Figura 2E) e as áreas em transição para a caatinga maranhense (Figura 2F).

Quanto às classes de interesse que mais queimaram durante o período de 2010 a 2018, temos as FS em maior destaque com 53.882,65 km² de área queimada, seguido pelas FF com 29.405,11 km² de área queimada e FC com 11.962,15 km² de área queimada. Estas são, respectivamente, as classes com maior representatividade no estado.

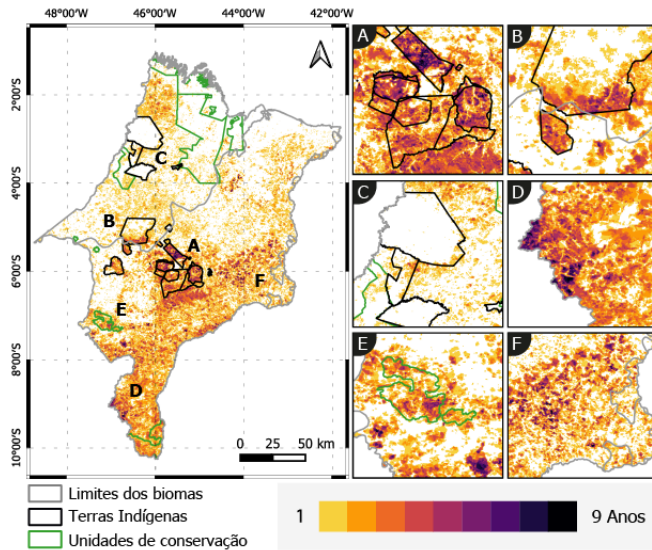


Figura 2. Recorrência de fogo no estado. A) Proximidade da terras indígenas Cana Brava no bioma Cerrado; B) Terra indígena Araribóia no bioma Amazônia; C) Terras indígenas próximas a REBIO Gurupi; D) Proximidade ao município de Balsas; E) Parque Nacional da Chapada das Mesas

3.3 Recorrência de fogo e Biomassa (AGB)

O comportamento obtido da relação da biomassa/classe/recorrência em 2018 foi o seguinte:

- Áreas de FF com um ano de recorrência de queimada obtiveram os maiores valores de média de biomassa (104 ± 69 Mg/ha), mas diminuindo progressivamente até as áreas com queimadas anuais, nove anos de recorrência, que possuem médias de biomassa 54% menores (48 ± 30 Mg/ha);
- Já as áreas de FS apresentaram um comportamento diferente, aquelas com recorrência de queimadas de um a quatro anos mostrou um decréscimo no valor das médias (recorrência de um ano - 60 ± 52 Mg/h, dois anos - 52 ± 49 Mg/ha, três anos 43 ± 46 Mg, e quatro anos 38 ± 43 Mg/ha). Contudo, as áreas com mais de 5 anos de recorrência, apresentaram um incremento na média de biomassa, alcançando 64 ± 53 Mg/ha nas áreas com nove anos de recorrência;
- E por último as áreas de FC, que possuíam médias de biomassa para áreas queimadas em 15 ± 25 Mg/ha, reduziram seu estoque de biomassa até quatro anos de recorrência, se mantiveram estáveis até seis anos, voltando a cair a partir de sete anos, e com nove anos, apresentando valor médio de 2 ± 15 Mg/ha.

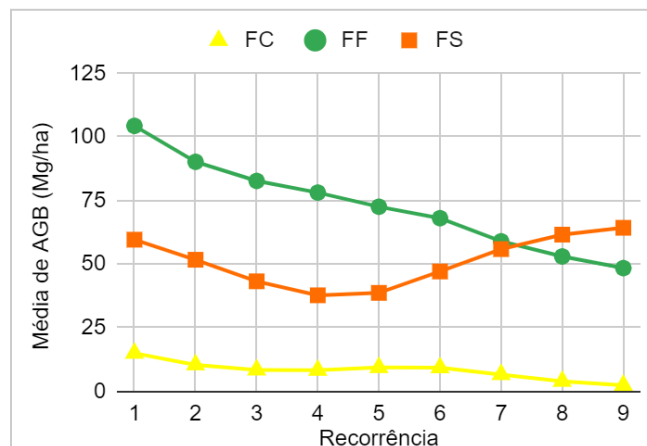


Figura 3. Variação da média de biomassa nas diferentes recorrências de queimada das classes FF, FC e FS.

4. DISCUSSÃO

A espacialização da biomassa na Figura 1, evidencia a importância de terras indígenas e unidades de conservação para preservação da floresta na amazônia maranhense, pois foram as áreas que apresentaram os maiores valores de AGB/ha no estado. A pauta levantada sobre a necessidade de maior atenção a essas áreas é algo discutido por outros autores [13] que reforçam essa informação.

Já no cerrado maranhense a ocorrência do fogo natural faz parte da sua ecologia, mas estes eventos têm se intensificado por meio das atividades [5]. Foi observada a recorrência de queimadas em áreas indígenas e unidades de conservação por toda a série temporal analisada, como é o caso da terra indígena Cana Brava (Figura 2A), onde as queimadas acontecem dentro do perímetro demarcado para a área.

Acredita-se que a grande incidência de áreas queimadas na região pode estar associado a mudança de uso e cobertura da terra nos seus arredores, que sofreram conversão na última década para áreas de silvicultura e cultivos agrícolas, como também é o caso da região em proximidade ao município de Balsas (Figura 2D), que é um grande polo agropecuário do estado e com grandes áreas convertidas para o plantio de soja.

Ao se analisar as variações de médias de biomassa para as 3 classes de vegetação de interesse, foi visto o comportamento esperado para a classe de FF e FC, onde o aumento de recorrência de áreas queimadas causaram a diminuição dos valores médios de biomassa. Contudo, a resposta da classe FS apresentou um comportamento divergente: áreas que queimaram por até quatro anos tiveram redução, mas as áreas que queimaram por cinco anos ou mais obtiveram maiores valores médios de AGB (até 60 Mg/ha), sendo superior ao valor de biomassa para a classe em todo o estado (54 Mg/ha).

Algumas hipóteses que possam justificar esse comportamento atípico podem estar relacionadas ao tipo de vegetação do cerrado (palmeiras que podem não tombar após a queima, gramíneas de crescimento agressivo, entre outros), mudança de cobertura da terra e o reconhecimento dessa classe pelo MAPBIOMAS.

É preciso uma avaliação mais detalhada sobre esses pontos específicos da classe FS em áreas de maior recorrência para sanar todas as dúvidas levantadas pelo resultado encontrado. Mas em suma, os resultados mostram que o fogo é recorrente nos biomas, o que é um agravante tanto na Amazônia quanto no cerrado maranhense, por isso se faz necessário um acompanhamento para evitar perdas de biodiversidade, especialmente para as ocorrências em UCs e terras indígenas [5].

5. CONCLUSÃO

Nesta pesquisa, foi quantificada a biomassa por classe de uso e cobertura da terra para o estado do Maranhão e para as classes de vegetação natural dentro de áreas que queimaram entre 2010 e 2018. Desta forma, foi possível ter um entendimento de como a recorrência do fogo pode impactar na média de biomassa na vegetação.

Em nossos resultados, as classes de vegetação de maior representatividade foram as de Formação Florestal - FF com média de biomassa em $121,13 \pm 26$ Mg/ha; Formação Savânicas - FS - $54,67 \pm 49$; e Formação Campestre - FC - $13,55 \pm 17$ Mg/ha. Durante o período de 2010 a 2018, o estado teve 129.284 km² de área queimada, dentro dessas, a classe de FS em maior destaque com $53.882,65$ km² de área queimada. O aumento de recorrência de áreas queimadas causaram a diminuição dos valores médios de biomassa nas classes FF e FC, contudo, a resposta da classe FS apresentou um comportamento inesperado.

As análises aqui apresentadas são resultados preliminares da influência da recorrência do fogo na resposta de biomassa. Estabelecer essa conexão é importante para o melhor entendimento do comportamento do fogo nos diferentes biomas, assim como no estado como um todo.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Projeto MAP-Fire Maranhão: FAPESP (processo n° 2020/16457-3, 2022/06158-4.), FAPEMA (N° CACD 02989/20) CNPq (processo n° 409531/2021-9). Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

7. REFERENCES

[1] A. Bastos, *et al.* On the use of Earth Observation to support estimates of national greenhouse gas emissions and sinks for the Global stocktake process: lessons learned from ESA-CCI RECCAP2. *Carbon Balance Manage*, 17, 15, 2022.

[2] D. M. Nascimento, *et al.* Development of a methodological approach to estimate vegetation biomass using remote sensing in the Brazilian semiarid NE region. *Remote Sensing of Environment*, 27, 2022

[3] J. M. B. Carreiras, *et al.* Coverage of high biomass forests by the ESA BIOMASS mission under defense restrictions. *Remote Sensing of Environment*, 196, 154-162, 2017.

[4] M. Santoro, R. Lucas, H. Kay, S. Quegan. CCI Biomass Product User Guide v3. *Aberystwyth University and GAMMA Remote Sensing*, 2021.

[5] C. H. L. Silva-Junior *et al.* Dinâmica das Queimadas no Cerrado do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. *Revista do Departamento de Geografia* –V. 35 1-14. 2018.

[6] Projeto MapBiomass. Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil, acessado em out/2022 através do link: mapbiomas.org

[7] MMA. ENREDD+: estratégia nacional para redução das emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal, conservação dos estoques de carbono florestal, manejo sustentável de florestas e aumento de estoques de carbono florestal / Brasil. Departamento de Políticas de Combate ao Desmatamento. Brasília, 2016.

[8] P. H. A. Leão. Título [Accept] Contribuição de produtos de área queimada na Amazônia Maranhense: proposta de avaliações combinadas. *Geoinfo*. 2022.

[9] A.C.M. Pessoa, *et al.* Intercomparison of Burned Area Products and Its Implication for Carbon Emission Estimations in the Amazon". *Remote Sens*. 2020

[10] NASA. MODIS (or Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). MCD64A1 - Burned Area. 2022.

[11] ESA. FireCCI project.Global Burned Area products. 2022 <https://climate.esa.int/en/projects/fire/>

[12] C. H. L. Silva-Junior *et al.* A zona de transição entre a Amazônia e o Cerrado no estado do Maranhão. Parte II: Caracterização preliminar dos dados de área queimada (Produto MODIS MCD45A1). *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, João Pessoa-PB. 2015.

[13] C. H. L. Silva-Junior *et al.* Forest Fragmentation and Fires in the Eastern Brazilian Amazon-Maranhão State, Brazil". *Fire*, 5, 77. 2022.

[14] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, editor. *Biomass e Sistema Costeiro-Marinheiro Do Brasil: Compatível Com a Escala 1:250 000*. IBGE, 2019.

[15]INPE. Coordenação geral de observação da terra. programa de monitoramento da amazônia e demais biomas. Desmatamento – Amazônia Legal – Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>.