

ANÁLISE DA DISPERSÃO DA FUMAÇA DE QUEIMADAS E INCÊNDIOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA

Rodolfo Montalvão¹ (IC), Ana Carolina Vasques Freitas (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá – Campus de Itabira

Palavras-chave: Meteorologia. Modelo de trajetória. Carbono Negro

Introdução

A Floresta Amazônica apresenta enorme extensão, sendo considerada a maior floresta do mundo, representando cerca de um terço das florestas tropicais existentes, além de corresponder por 49,29% do território nacional (IPAM, 2020). A Floresta Amazônica também pode ser considerada a maior reserva biológica do mundo. A grande biodiversidade da sua flora e fauna, associada a extensa variedade de microrganismos, fazem com que a floresta seja fundamental para o regime ecológico e o balanço climático do planeta (IBGE, 2020). Contudo, a importância da floresta, vai além da ecologia, uma vez que ela é o lar de grande parte dos povos indígenas que ainda existem no Brasil. Sendo assim, a permanência da floresta e sua manutenção é fundamental para a sobrevivência das culturas dos povos indígenas.

Entretanto, a ocorrência de focos de queimadas e incêndios florestais na Amazônia vêm se intensificando desde o século XXI, sendo que estes podem ser detectados e monitorados por meio de satélites, os quais permitem a aquisição de informações em locais de grande extensão e/ou de difícil acesso, podendo mensurar os impactos das queimadas e servir como apoio às equipes de controle do fogo em campo. Ademais, os satélites conseguem capturar a fumaça resultante dos focos de calor. Esta fumaça pode avançar para outras regiões prejudicando a qualidade do ar com o passar do tempo. Exemplo disto ocorreu nos dias 19 e 20 de agosto de 2019, quando a fumaça de queimadas, que ocorreram na região do arco do desmatamento, atingiu a cidade de São Paulo, a qual vivenciou um “céu apocalíptico”, com nuvens negras cobrindo toda a região paulista.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo fazer um levantamento dos focos de queimadas para os meses de julho, agosto e setembro de 2019, bem como realizar simulações da dispersão de fumaça utilizando-se do modelo HYSPLIT (*Hybrid Single-Particle Lagrangian Trajectory*), avaliando os impactos da dispersão em locais distantes da fonte de emissão em termos de piora da qualidade do ar.

Metodologia

Para iniciar essa pesquisa, se fez necessário o levantamento dos dados meteorológicos para entrada no modelo HYSPLIT, os quais foram obtidos através da plataforma da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2022). Posteriormente, foram selecionados os meses de Julho, Agosto e Setembro do ano de 2019 para análise, sendo assim, foi feito o download dos arquivos meteorológicos diários em uma resolução espacial de 0,25° de latitude x 0,25° de longitude. Após isto, foram inseridas as latitudes e longitudes em graus decimais da capital paulista e marcada a opção “Back”, para simular as trajetórias reversas (*Backward*), uma vez que o ponto de referência para o mapeamento das trajetórias e análises de anomalias partiu, primeiramente, da capital paulista, uma vez que se pretendia verificar inicialmente as fontes das massas de ar que chegavam na cidade de São Paulo. É importante salientar que cada trajetória consiste em um agrupamento de dados baseado em latitude, longitude e altura selecionada ao longo do caminho.

Para a obtenção dos focos de queimadas, *Fire Radiative Power* (fator Frp) e quantidade de dias sem chuvas do bioma amazônico, foi acessado o site Banco de Dados de Queimadas (BDQ). Após serem feitas as análises do arquivo CSV em *Microsoft Excel*, foi utilizado o Software QGIS versão 3.16.6 onde foi plotado os números dos focos de queimadas, tendo como objetivo selecionar os municípios com maiores focos de calor (Feijó/Acre, Lábrea/Amazonas, Colzina/Mato Grosso, Altamira/Pará e Porto Velho/Rondônia) e a partir disso realizar as simulações das trajetórias, para tais municípios.

A data escolhida para simulação foi 16-09 devido a pluma de fumaça demorar alguns dias para percorrer todo o caminho até a capital paulista. Plotadas as trajetórias foi gerado um arquivo *shapefile*, o qual foi posteriormente exportado para o software QGIS 3.16.6 para geração de um novo mapa.

Por fim, a última etapa para a elaboração dos resultados foi a obtenção de mapas utilizando o modelo de reanálise

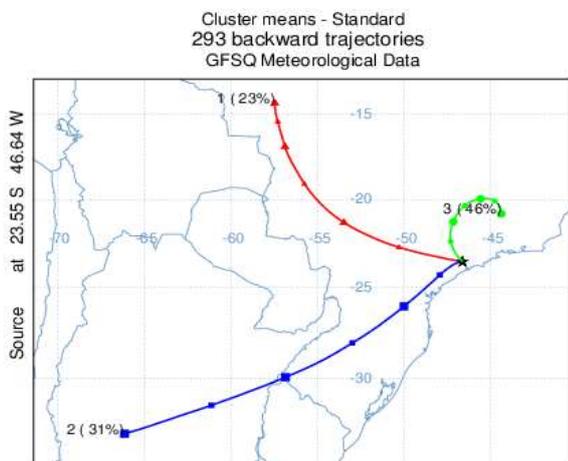
MERRA-2 da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Neste momento, foram feitas as análises temporais entre os dias 16/08/2019 e 20/08/2019 para verificar as condições meteorológicas e a concentração de alguns poluentes (carbono negro, material particulado inalável fino - *Particulate Matter - PM_{2,5}*) na superfície nos dias analisados.

Resultados e discussão

Primeiramente, foram calculadas as trajetórias preferenciais de dispersão utilizando a técnica de análise de agrupamento (*cluster analysis*). Para isso, definiu-se um local onde o modelo determina a trajetória, ou seja, no caso das trajetórias reversas, é o caminho preferencial das parcelas de ar que chegam naquele local.

Na figura 1 é possível verificar que 23% das parcelas de ar que chegam na capital, partem da região noroeste do Brasil, próximo ao Estado de Rondônia, enquanto 46% têm origem na própria região Sudeste, localizadas próximo ao Estado de Minas Gerais e 31% com origem em países vizinhos, como o caso da Argentina, nessa situação.

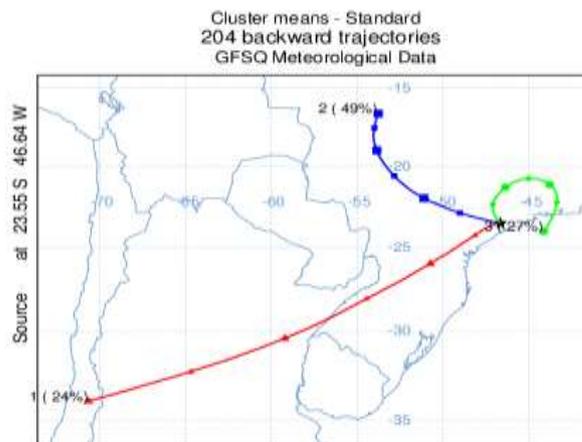
Figura 1 - Simulação a 2.000 metros de altitude em 72 horas no período de 01/07/2019 a 30/07/2019.



Fonte: Autor, 2022

Na figura 2 é possível verificar as principais trajetórias para o mês de agosto de 2019. Nesse contexto, é possível verificar que não há mudanças significativas no sentido da direção das correntes de ar. Contudo, é necessário observar que as correntes de ar que partem da região Sudeste (especificamente, do Oceano Atlântico) apresentam uma frequência menor (27%), enquanto as que partem da região noroeste (especificamente, do Estado do Mato Grosso, próximo a Cuiabá) apresentam uma maior frequência (49%).

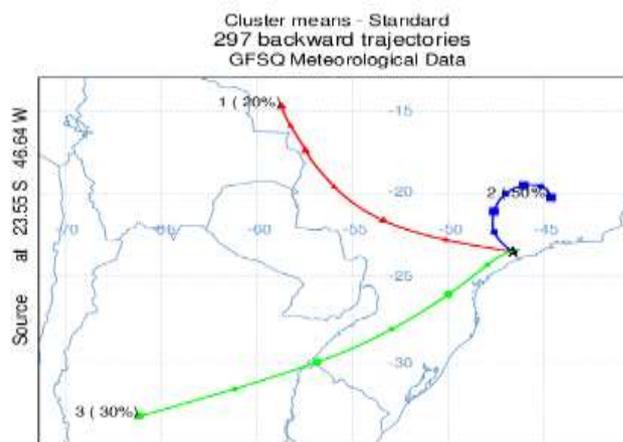
Figura 2 - Simulação a 2.000 metros de altitude em 72 horas no período de 01/08/2019 a 31/08/2019.



Fonte: Autor, 2022

O mês de setembro é marcado pelas mudanças de estações, contudo, isso não alterou de forma significativa as trajetórias de ar, como mostra a figura 3. Nesta é possível verificar correntes de ar similares às que ocorreram no mês de julho, sendo as de maior frequência as que partem da própria região sudeste (50%), enquanto cerca de 20% das trajetórias partiram da direção noroeste.

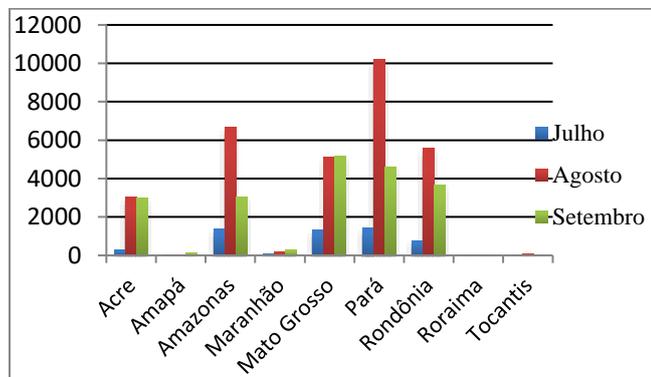
Figura 3 - Simulação a 2.000 metros de altitude em,72 horas no período de 01/09/2019 a 31/09/2019.



Fonte: Autor, 2022

Uma vez que existe uma porcentagem significativa de trajetórias que partem da região noroeste do Brasil, próximo ao arco do desmatamento, foi feito um levantamento dos focos de calor para época de estiagem no portal BDQueimadas, conforme ilustra o Gráfico 1.

Gráfico 1: Focos de queimadas no período de 01/07/2019 a 30/09/2019.



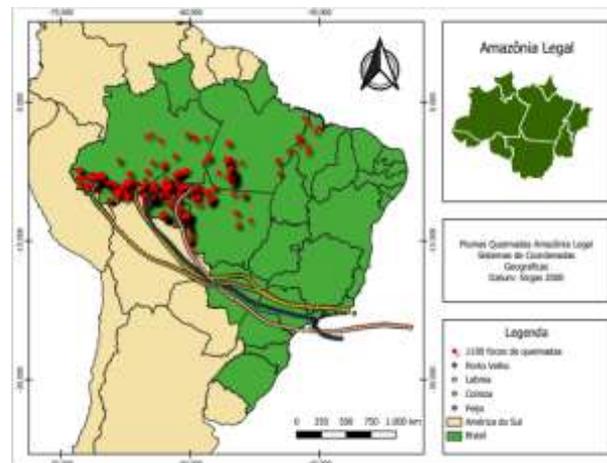
Fonte: Autor, 2022

Através do Gráfico 1, é possível verificar todos os estados pertencentes a Amazônia Legal e é possível notar a maior incidência de focos nos Estados do Mato Grosso, Amazonas, Pará e Rondônia. Ademais, no mês de agosto houve um aumento exponencial no número de focos de queimadas em praticamente todos os estados em relação ao mês anterior (julho), sendo o Estado do Acre o que apresentou o maior aumento porcentual (Gráfico 1).

Já no mês de setembro é notável o declínio do número de queimadas em relação ao mês anterior, com exceção dos Estados do Mato Grosso e Maranhão com um leve aumento (Gráfico 1). Ainda assim, os números obtidos ainda são superiores ao mês de julho de 2019 (Gráfico 1). Após a verificação dos altos índices de queimadas no mês de agosto foram traçadas as trajetórias das plumas de fumaça para os municípios de (Feijó/Acre, Lábrea/Amazonas, Colzina/Mato Grosso, Altamira/Pará e Porto Velho/Rondônia) para o dia 19-08-2019 a uma altitude de 2000 metros. É importante salientar que tais municípios foram escolhidos devido possuírem maiores incidência de focos de queimadas dentro do seu respectivo estado.

Através da figura 4 é possível verificar que as plumas de fumaça que partem do arco do desmatamento passam pela Bolívia e norte do Paraguai e seguem em direção a região sudeste do Brasil, atingindo o Estado de São Paulo e a capital paulista, continuando até o Oceano Atlântico no período de 4 dias (100 horas de simulação).

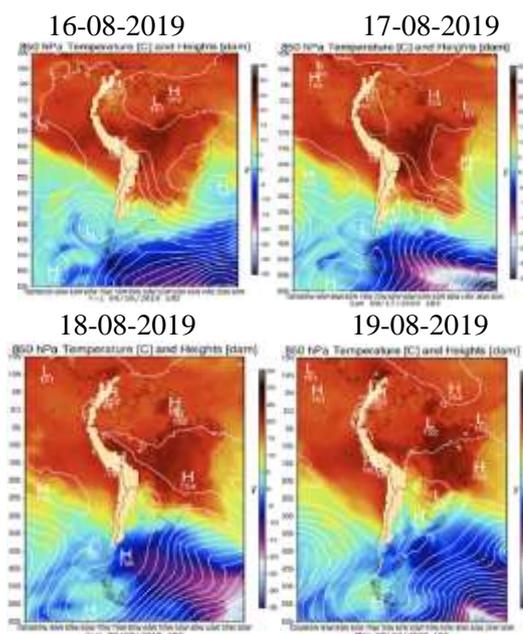
Figura 4 - Trajetórias das Plumas de fumaça para os municípios da Amazônia legal em 19/08/2019.



Fonte: Autor, 2022

Através da figura 5 é possível ver a movimentação de uma forte frente fria, partindo do Oceano Atlântico Sul e subindo em direção aos Estados de Santa Catarina e Paraná. Essa frente fria contribuiu para o fenômeno da chuva preta em São Paulo, uma vez que modificou o fluxo natural das correntes de ar. Assim, as plumas constituídas de material particulado fino, entre outros poluentes, que passariam pela região Sul do Brasil, foram transportadas para a região Sudeste devido ao avanço da frente fria.

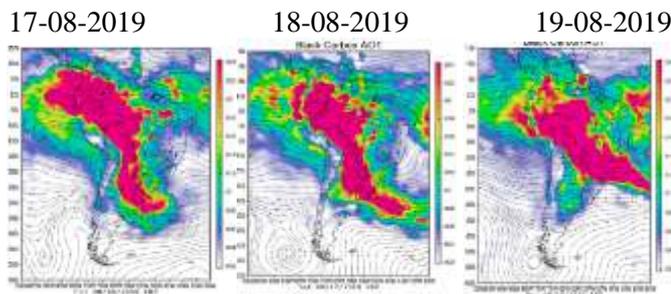
Figura 5- Temperatura e isóbaras em 850 hPa entre os dias 16-08-2019 e 19-08-2019



Fonte: Nasa, 2022

Os mapas da espessura óptica de aerossol (*aerossol optical thickness – AOT*, em inglês) para o carbono negro (CN) são apresentados na figura 6 no período analisado.

Figura 6 - Linhas de corrente e AOT Carbono Negro entre os dias 17-08-2019 e 19-08-2019



Fonte: Nasa, 2022

Nos mapas anteriores é possível visualizar a movimentação dos aerossóis de CN no decorrer do período. Desse modo, é possível verificar que existe um corredor com altas concentrações de material particulado partindo da região oeste do arco do desmatamento onde estão os focos de queimadas e seguindo na direção da região sudeste do Brasil no dia 19 de agosto, conforme simulado com o modelo Hysplit.

Conclusões

O presente estudo permitiu a investigação dos principais focos de queimadas da Amazônia legal nos meses de julho, agosto e setembro de 2019, além de permitir estabelecer uma correlação dos focos de calor com outras variáveis que contribuíram de forma efetiva para o fenômeno ocorrido em São Paulo.

Deste modo, os resultados mostraram que o material particulado procedente da região amazônica, principalmente dos Estados do Acre e Rondônia, ao encontrar o ar frio e úmido proveniente das correntes de ar polar do Oceano Atlântico fizeram com que a chuva com fuligem ocorresse. Assim sendo, é possível afirmar que o encontro de duas massas de ar com temperaturas distintas e a fuligem proveniente das queimadas, atuando como núcleo de condensação, fez com que ocorresse a formação de nuvens negras. Finalmente, a utilização dos modelos como o Hysplit permitiu estabelecer as trajetórias percorridas pelas correntes de ar para os meses estudados, possibilitando verificar que, em média, 30% das correntes de ar provenientes da região amazônica seguem em direção ao Sudeste do Brasil. Ademais, foi possível verificar o aumento exponencial do número de focos de queimadas no mês de agosto de 2019, principalmente nos Estados do Acre e Rondônia, respectivamente.

Agradecimento

Primeiramente gostaria de agradecer a professora Ana Carolina Vasques pela dedicação e todo suporte oferecido durante o período da iniciação, disponibilizando todas as informações necessárias para a elaboração dos resultados. Ao meu amigo Lucio Lino pelo suporte e disposição de ajudar durante o processo. Ao CNPq pela concessão da bolsa de pesquisa.

Referências

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [S. l.], 15 dez. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 26 set. 2022.

IPAM. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **Amazônia em chamas: o que queima e onde**. 2020. Disponível em: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2020/08/NT5-pt-final.pdf>. Acesso em: 26 set. 2022.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. Global Modeling and Assimilation Office Reanalysis Products. Disponível em: <https://fluid.nccs.nasa.gov/reanalysis/>. Acesso em: 26 set. 2022.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: <https://www.ready.noaa.gov/data/archives/gfs0p25/>. Acesso em: 26 set. 2022.