

Plano de Trabalho do Bolsista de Pós-Doutorado / *Postdoctoral Fellow Work Plan*

Título / Title: Quantificação do Impacto das Emissões pela Queima de Biomassa Originadas na Amazônia sobre a Qualidade do Ar na Região Metropolitana de São Paulo / *Quantifying the Impact of Biomass Burning Emissions from the Amazon on Air Quality in the São Paulo Metropolitan Area*

Projeto Associado / Associated Project: SAMBBI: Towards a New Generation of Biomass Burning Emission Inventories

Supervisor: Guilherme Augusto Verola Mataveli

Resumo / Summary

Este plano de atividades visa a concessão de uma bolsa de pós-doutorado para quantificar os impactos das emissões pela queima de biomassa na Amazônia sobre a qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo, utilizando modelagem atmosférica – como os modelos *Model for Ocean-Land-Atmosphere Prediction* (MONAN) ou *Weather Research and Forecasting* (WRF). As emissões pela queima de biomassa provenientes da Amazônia serão estimadas com base nos dados gerados pelo projeto *South American Biomass Burning Inventory* (SAMBBI) e processadas pelo pré-processador de emissões PREP-CHEM-SRC. Dois experimentos de modelagem serão conduzidos para representar cenários com e sem a contribuição das queimadas amazônicas, permitindo isolar seu impacto específico sobre as concentrações de material particulado fino ($PM_{2.5}$) em São Paulo. Os resultados esperados incluem subsídios para políticas públicas de controle de queimadas e mitigação de impactos sobre a saúde pública e o clima.

This work plan aims to support the granting of a postdoctoral fellowship to quantify the impacts of Amazon biomass burning emissions on air quality in the São Paulo Metropolitan Area, using atmospheric modeling - specifically the Model for Ocean-Land-Atmosphere Prediction (MONAN) or the Weather Research and Forecasting (WRF) model. Biomass burning emissions from the Amazon will be estimated based on data generated by the South American Biomass Burning Inventory (SAMBBI) project and processed using the PREP-CHEM-SRC emission preprocessor. Two modeling experiments will be conducted to represent scenarios with and without the contribution of Amazon biomass burning, allowing the isolation of its specific impact on fine particulate matter ($PM_{2.5}$) concentrations in São Paulo. Expected

outcomes include inputs for public policies on fire control and mitigation of impacts on public health and climate.

Objetivos / Objectives

- (i) Quantificar a influência das emissões pela queima de biomassa originadas na Amazônia sobre a qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo;
- (ii) Realizar simulações atmosféricas utilizando um modelo, como MONAN ou WRF, para eventos críticos, como a crise do fogo na Amazônia em 2019;
- (iii) Avaliar os impactos de diferentes cenários de controle do fogo sobre a concentração de poluentes;
- (iv) Subsidiar políticas públicas voltadas para a mitigação dos impactos das queimadas na saúde pública e na qualidade do ar.

(i) Quantify the influence of biomass burning emissions from the Amazon on air quality in the São Paulo Metropolitan Area;

(ii) Conduct atmospheric simulations using a model such as MONAN or WRF for critical events, such as the 2019 Amazon fire crisis;

(iii) Evaluate the impacts of different fire control scenarios on pollutant concentrations;

(iv) Support public policies aimed at mitigating the impacts of biomass burning on public health and air quality.

Plano de Trabalho / Work Plan

O plano de trabalho proposto para este projeto será executado, inicialmente, ao longo de 36 meses, estruturado em fases interdependentes que abrangem desde a coleta e tratamento de dados até a análise dos resultados e disseminação científica. Cada etapa foi planejada para garantir rigor metodológico e qualidade na produção científica, com entregas alinhadas às metas do projeto e contribuições para a área de qualidade do ar e mudanças ambientais.

Nos primeiros doze meses, a principal atividade será a coleta, organização e pré-processamento dos dados fundamentais para a modelagem atmosférica. Isso incluirá a obtenção das estimativas de emissões atmosféricas geradas pelo SAMBBI, especificamente as emissões derivadas da queima de biomassa na Amazônia. Paralelamente, será realizada a seleção e configuração do modelo atmosférico adequado ao escopo do estudo, considerando o MONAN e o WRF como principais candidatos. Nesta fase, também serão realizados os ajustes necessários no pré-processador de emissões PREP-CHEM-SRC, que permitirá a adequação das emissões para o formato e a resolução espacial exigidos pelo

modelo atmosférico escolhido e a inclusão de todas as fontes de emissão. A fase inicial incluirá ainda o desenvolvimento de *scripts* automatizados para facilitar a repetição dos experimentos e garantir a reprodutibilidade dos resultados.

Entre o décimo terceiro e o vigésimo quarto mês, o foco estará na execução dos experimentos numéricos propriamente ditos. Serão conduzidos dois grandes experimentos: um experimento controle, que incluirá todas as fontes emissoras ativas, especialmente as emissões por queima de biomassa na Amazônia, e um experimento de sensibilidade, no qual essas emissões específicas serão excluídas para quantificar sua contribuição direta sobre a qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo. Durante esta fase, serão realizadas simulações detalhadas de transporte e dispersão atmosférica de poluentes, com especial atenção ao material particulado fino ($PM_{2,5}$), dado seu impacto comprovado na saúde humana e na qualidade do ar. Essa etapa envolverá múltiplas simulações cobrindo diferentes eventos críticos.

Nos últimos doze meses do projeto, a análise aprofundada dos dados gerados será o principal objetivo. Essa fase incluirá a comparação quantitativa e qualitativa das concentrações de $PM_{2,5}$ entre os cenários controle e de sensibilidade, com o intuito de evidenciar os impactos diretos da queima de biomassa amazônica sobre a poluição atmosférica na Região Metropolitana de São Paulo. Além disso, serão conduzidas análises de sensibilidade para avaliar a influência das incertezas nas emissões e variabilidades meteorológicas sobre os resultados do modelo. Técnicas estatísticas e geoespaciais serão aplicadas para identificar padrões espaciais e temporais, bem como para validar os resultados por meio de comparação com dados observacionais de estações de monitoramento atmosférico. Esta etapa também contemplará o desenvolvimento de indicadores de qualidade do ar que possam ser usados para informar decisões de políticas públicas.

Ainda durante os últimos doze meses do projeto, as atividades se concentrarão na consolidação e divulgação dos resultados. Serão redigidos artigos científicos detalhados, submetidos a periódicos internacionais de referência nas áreas de ciências atmosféricas, mudanças climáticas e saúde ambiental. A participação em congressos e *workshops* nacionais e internacionais será estimulada para maximizar o impacto científico e fortalecer redes de colaboração. Esta etapa final também prevê a elaboração de relatórios técnicos voltados a órgãos governamentais e entidades ambientais, com recomendações práticas baseadas nos resultados das simulações. Além disso, será fomentada a documentação detalhada dos procedimentos e códigos utilizados, assegurando a reprodutibilidade dos experimentos e a continuidade das pesquisas futuras.

Ao longo de todo o projeto, o bolsista de pós-doutorado terá papel central na execução das atividades, com suporte técnico e científico do grupo de pesquisa. O

planejamento permite flexibilidade para incorporar dados e abordagens inovadoras conforme novas informações e tecnologias se tornem disponíveis, garantindo que o projeto se mantenha na fronteira do conhecimento científico. Por fim, destaca-se que o plano de trabalho será adequado em caso de renovação subsequentes da bolsa de pós-doutorado.

The work plan proposed for this project will be carried out, initially, over 36 months, structured in interdependent phases ranging from data collection and processing to results analysis and scientific dissemination. Each stage has been designed to ensure methodological rigor and scientific quality, with deliverables aligned with the project goals and contributions to the fields of air quality and environmental change.

During the first twelve months, the main activity will be the collection, organization, and preprocessing of the data essential for atmospheric modeling. This will include obtaining the atmospheric emission estimates generated by SAMBBI, specifically the emissions derived from biomass burning in the Amazon. In parallel, the appropriate atmospheric model for the study will be selected and configured, with MONAN and WRF as the main candidates. During this phase, the necessary adjustments to the PREP-CHEM-SRC emission preprocessor will also be carried out, enabling the adaptation of emissions to the format and spatial resolution required by the chosen atmospheric model, as well as the inclusion of all emission sources. The initial phase will also include the development of automated scripts to facilitate the replication of experiments and ensure the reproducibility of results.

Between the thirteenth and twenty-fourth months, the focus will be on conducting the numerical experiments themselves. Two major experiments will be carried out: a control experiment, which will include all active emission sources — especially Amazon biomass burning emissions — and a sensitivity experiment, in which these specific emissions will be excluded to quantify their direct contribution to air quality in the São Paulo Metropolitan Area. During this phase, detailed simulations of atmospheric pollutant transport and dispersion will be performed, with special attention to fine particulate matter ($PM_{2.5}$), given its proven impact on human health and air quality. This stage will involve multiple simulations covering different critical events.

During the final twelve months of the project, the in-depth analysis of the generated data will be the primary objective. This phase will include a quantitative and qualitative comparison of $PM_{2.5}$ concentrations between the control and sensitivity scenarios, with the aim of evidencing the direct impacts of Amazon biomass burning on atmospheric pollution in the São Paulo Metropolitan Area. Sensitivity analyses will also be conducted to assess the influence of emission uncertainties and meteorological variability on model results. Statistical and geospatial techniques

will be applied to identify spatial and temporal patterns, as well as to validate the results through comparison with observational data from atmospheric monitoring stations. This stage will also encompass the development of air quality indicators that can be used to inform public policy decisions.

Also during the final twelve months, activities will focus on the consolidation and dissemination of results. Detailed scientific articles will be written and submitted to international journals of reference in atmospheric sciences, climate change, and environmental health. Participation in national and international conferences and workshops will be encouraged to maximize scientific impact and strengthen collaborative networks. This final stage also foresees the preparation of technical reports aimed at governmental agencies and environmental bodies, with practical recommendations based on simulation results. Furthermore, detailed documentation of the procedures and codes used will be promoted, ensuring the reproducibility of experiments and the continuity of future research.

Throughout the entire project, the postdoctoral fellow will play a central role in executing the activities, with technical and scientific support from the research group. The planning allows flexibility to incorporate innovative data and approaches as new information and technologies become available, ensuring that the project remains at the frontier of scientific knowledge. Finally, it is noted that the work plan will be adjusted in the event of subsequent renewals of the postdoctoral fellowship.

Produtos Esperados / Expected Outputs

Os produtos gerados a partir deste plano de atividades terão impacto significativo tanto no meio acadêmico quanto na aplicação prática para políticas ambientais e de saúde pública. Como resultado principal, espera-se a produção de mapas e gráficos detalhados que ilustram a influência das emissões oriundas da queima de biomassa na Amazônia sobre a qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo. Esses mapas serão construídos a partir das simulações numéricas realizadas com modelos atmosféricos avançados, como MONAN ou WRF, que utilizarão as estimativas de emissões geradas pelo SAMBBI.

Além dos mapas e gráficos, serão elaborados relatórios técnicos abrangentes que descrevem a metodologia, os resultados das simulações, análises comparativas entre cenários de controle e sensibilidade, e a quantificação da contribuição das queimadas amazônicas para os níveis de poluentes atmosféricos, especialmente o material particulado fino (PM_{2,5}). Esses relatórios servirão como documentos de referência para órgãos ambientais, formuladores de políticas públicas e demais interessados no monitoramento e na mitigação dos impactos da poluição do ar.

No âmbito acadêmico, espera-se a publicação de artigos científicos em periódicos internacionais de alto impacto, como os voltados para mudanças climáticas, ciências atmosféricas e saúde ambiental. Esses artigos consolidarão o

conhecimento gerado, ampliarão o alcance do projeto na comunidade científica global e fortalecerão a rede de colaboração internacional. Além disso, os resultados serão apresentados em conferências nacionais e internacionais, promovendo o intercâmbio de ideias, o estabelecimento de parcerias e a visibilidade do projeto e do pesquisador responsável.

Por fim, espera-se que este trabalho resulte em materiais complementares, como bases de dados organizadas, códigos e *scripts* de modelagem e análise, que serão documentados e disponibilizados para a comunidade científica, contribuindo para a transparência, reprodutibilidade e continuidade da pesquisa. Dessa forma, os produtos previstos não apenas respondem aos objetivos específicos do plano, mas também fortalecem a infraestrutura científica necessária para futuras investigações e intervenções em qualidade do ar e mudanças ambientais.

The outputs generated from this work plan will have significant impact both in academia and in practical applications for environmental and public health policies. As a main result, the production of detailed maps and graphs illustrating the influence of Amazon biomass burning emissions on air quality in the São Paulo Metropolitan Area is expected. These maps will be constructed from numerical simulations carried out with advanced atmospheric models, such as MONAN or WRF, using the emission estimates generated by the SAMBBI.

In addition to maps and graphs, comprehensive technical reports will be prepared describing the methodology, simulation results, comparative analyses between control and sensitivity scenarios, and the quantification of the contribution of Amazon biomass burning to atmospheric pollutant levels, especially fine particulate matter (PM_{2.5}). These reports will serve as reference documents for environmental agencies, policymakers, and other stakeholders interested in monitoring and mitigating the impacts of air pollution.

In the academic sphere, the publication of scientific articles in high-impact international journals focused on climate change, atmospheric sciences, and environmental health is expected. These articles will consolidate the knowledge generated, broaden the project's reach within the global scientific community, and strengthen international collaboration networks. Furthermore, the results will be presented at national and international conferences, promoting the exchange of ideas, the establishment of partnerships, and the visibility of the project and the lead researcher.

Finally, this work is expected to result in complementary materials, such as organized databases, modeling and analysis codes and scripts, which will be documented and made available to the scientific community, contributing to the

transparency, reproducibility, and continuity of research. In this way, the planned outputs not only address the specific objectives of the work plan, but also strengthen the scientific infrastructure needed for future investigations and interventions in air quality and environmental change.

Considerações Finais / Final Remarks

O presente plano de atividades propõe um avanço significativo na compreensão do impacto das emissões provenientes das queimadas na Amazônia sobre a qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo, uma das áreas urbanas mais populosas e economicamente relevantes do Brasil. A aplicação de modelos numéricos avançados, como MONAN ou WRF, integrados às estimativas do SAMBBI, permitirá simular cenários reais e hipotéticos, subsidiando a formulação de políticas públicas eficazes para mitigação dos efeitos nocivos das queimadas sobre a saúde pública e o meio ambiente.

A complexidade do problema exige não apenas uma abordagem técnica rigorosa, mas também dedicação exclusiva e experiência aprofundada do pesquisador responsável pela execução do projeto. A contratação de um bolsista de pós-doutorado é, portanto, fundamental para garantir a realização das atividades previstas com excelência científica e operacional.

Importante destacar que, dependendo do desempenho e do progresso alcançado pelo bolsista de pós-doutorado durante a execução do plano, a análise poderá ser ampliada para contemplar outras regiões além da Região Metropolitana de São Paulo. Essa expansão permitirá uma avaliação mais abrangente do impacto das emissões amazônicas sobre a qualidade do ar em diferentes contextos urbanos do Brasil e possivelmente de países vizinhos. Tal ampliação ampliará ainda mais a relevância e o alcance do projeto, contribuindo para um maior entendimento das dinâmicas inter-regionais de transporte atmosférico de poluentes e seus efeitos socioambientais.

Assim, espera-se que o trabalho desenvolvido no âmbito deste pós-doutorado não só fortaleça o conhecimento científico na área, mas também auxilie decisivamente na elaboração de estratégias integradas de monitoramento e controle da poluição do ar, alinhadas com os objetivos de sustentabilidade e saúde pública do país.

This work plan proposes a significant advance in understanding the impact of Amazon biomass burning emissions on air quality in the São Paulo Metropolitan Area, one of the most populous and economically relevant urban areas in Brazil. The application of advanced numerical models, such as MONAN or WRF, integrated with SAMBBI estimates, will allow the simulation of real and hypothetical scenarios,

supporting the formulation of effective public policies for mitigating the harmful effects of biomass burning on public health and the environment.

The complexity of the problem requires not only a rigorous technical approach, but also the exclusive dedication and in-depth experience of the researcher responsible for carrying out the project. The hiring of a postdoctoral fellow is therefore fundamental to ensure the execution of the planned activities with scientific and operational excellence.

It is important to note that, depending on the performance and progress achieved by the postdoctoral fellow during the execution of the plan, the analysis may be expanded to cover regions beyond the São Paulo Metropolitan Area. This expansion would allow for a broader assessment of the impact of Amazon emissions on air quality in different urban contexts across Brazil and possibly in neighboring countries. Such an expansion would further enhance the relevance and scope of the project, contributing to a greater understanding of the inter-regional dynamics of atmospheric pollutant transport and their socio-environmental effects.

Thus, the work developed within the scope of this postdoctoral fellowship is expected not only to strengthen scientific knowledge in the field, but also to decisively assist in the development of integrated strategies for air pollution monitoring and control, aligned with the country's sustainability and public health objectives.