



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



## **ELABORAÇÃO DE INDICADORES DE RISCO CLIMÁTICO PARA SAÚDE HUMANA A PARTIR DAS PROJEÇÕES DO MODELO ETA/INPE**

**RELATÓRIO PARCIAL** DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/INPE/CNPq)

José Luiz Pereira Neto (FATEC Cruzeiro, Bolsista PIBIC/CNPq)

E-mail: [josepereiraluiz21@gmail.com](mailto:josepereiraluiz21@gmail.com)

Daniela Carneiro Rodrigues (CCST/INPE, Orientadora)

E-mail: [daniela.rodrigues@inpe.br](mailto:daniela.rodrigues@inpe.br)

Cachoeira Paulista, SP

Julho de 2023

## **1. Introdução**

Com o passar do tempo as previsões meteorológicas se tornaram cada vez mais importante, tendo a capacidade de prever e precaver eventos catastróficos e assim nos possibilitando novas maneiras de reagir a ocasiões e situações que antes seriam de grande risco a vida de muitos hoje se dispõe a ajudar a todos.

Eventos climáticos extremos, como precipitação excessiva e secas intensas ou eventos de ondas de calor intensas têm se tornado mais frequente em várias regiões do planeta como manifestação das mudanças climáticas. Já nos centros urbanos, a intensidade e a frequência das ondas de calor, períodos de desconforto térmico causado pela falta de chuva e baixa umidade do ar e os eventos de precipitação intensa aumentaram ainda mais, visto que o clima urbano foi adicionalmente afetado pela rápida mudança na superfície da terra, maior liberação de calor antropogênico e emissões de aerossóis. Indicadores climáticos que capturam o sinal dos extremos são informações úteis que traduzem de forma simplificada os impactos de alguns eventos ou ameaças climáticas. Essa tradução é necessária para alcançar e facilitar o entendimento de gestores e tomadores de decisão.

Os impactos das mudanças climáticas na saúde humana podem ser produzidos por diferentes formas, sendo eles de forma indireta ou direta. Os impactos indiretos são aqueles mediados por mudanças ambientais que produzem alteração dos determinantes de saúde, tais como mudanças adversas na poluição do ar, propagação de doenças, alimentação instável, subnutrição, deslocamento e problemas de saúde mental. Enquanto os impactos diretos são aqueles que afetam a saúde humana por meio de sua ação sobre a fisiologia, tais como aumento de estresse térmico, inundações, secas, etc.

Diante do exposto, a motivação para este estudo é analisar o impacto das projeções de mudanças climáticas do modelo regional Eta na saúde humana da população da região Sudeste do Brasil. Considera-se que um melhor entendimento dos impactos possa auxiliar os tomadores de decisão bem como na elaboração de medidas adaptativas.

## **2. Objetivos**

Este projeto tem por objetivo construir indicadores de riscos climáticos para a saúde humana a partir de coeficientes estabelecidos e das projeções climáticas regionalizadas pelo modelo Eta/INPE com alta resolução espacial. Identificar os impactos diretos das mudanças climáticas projetadas pelos modelos numéricos na saúde humana do Estado de São Paulo e da região metropolitana do Estado. Adicionalmente aos objetivos citados, este projeto terá

também como objetivo a formação de um profissional com conhecimentos de análise de dados de modelos numéricos, de uso de ferramenta estatística e de aplicação das projeções climáticas para elaboração de indicadores de risco de impacto. Diante disso os objetivos específicos são:

- Obter os dados das projeções de mudanças climáticas do modelo Eta/INPE de alta resolução (5km);
- Construção dos indicadores de extremos climáticos;
- Análise dos coeficientes que relacionam clima e saúde para várias doenças para estimar o impacto do clima atual e das projeções futuras sobre a saúde humana;

### **3. Fundamentação Teórica**

O modelo numérico Eta foi utilizado para apoiar a Segunda Comunicação Nacional e a Terceira Comunicação Nacional do Brasil (MCT, 2010; MCTI, 2016) à Convenção Quadro de mudanças climáticas das Nações Unidas. A versão atualizada do modelo Eta para estudos de mudanças climáticas foi validada na resolução de 20 km cobrindo toda América do Sul e incluindo a América Central e Caribe (Chou et al., 2014a). Uma nova versão do modelo Eta, com capacidade para alcançar altíssima resolução espacial foi desenvolvida no INPE (Chou et al., 2014c). Estudos mostraram que em altíssima resolução, cerca de 5 km, os extremos climáticos simulados se aproximam mais da observação do que com a resolução de 20 km (Lyra Chou et al., 2018). Esta nova versão foi capaz de simular o clima em parte do Sudeste Brasileiro desde 1961 até 2100, aninhado ao modelo HadGEM2-ES em dois cenários de concentração: RCP4.5 e RCP8.5.

Os dados de projeções de alta resolução do modelo Eta serão utilizados para construção de indicadores de extremos climáticos conforme coeficientes que relacionam clima e saúde para várias doenças para estimar o impacto do clima atual e das projeções futuras sobre a saúde humana

Grande variabilidade da temperatura, ondas de calor, exposição ao calor intenso deflagra diversas doenças que levam a maior hospitalização (Zhao et al., 2019a; 2019c). Indicadores de extremos climáticos como, por exemplo, porcentagem de dias com temperatura acima do percentil 90 (Tx90p), porcentagem de noites com temperatura abaixo do percentil 90 (Tn90p), precipitação total quando a precipitação diária é maior que o percentil 99 (Rx99p), serão utilizados para associar a impactos na saúde humana. Coeficientes já definidos que relacionam clima e saúde para várias doenças serão utilizadas para estimar o impacto do clima atual e das projeções futuras sobre a saúde humana como em Guo et al., 2018; Guasparini et al, 2017. As análises darão ênfase ao Estado de São Paulo e principalmente para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Os índices de conforto térmico podem fornecer informações essenciais sobre os impactos diretos das mudanças climáticas na saúde humana. Diante das projeções de aquecimento, os impactos em grandes centros urbanizados como a RMSP, podem ser intensificados devido ao efeito de ilha de

calor urbana. Temperaturas elevadas próximas à superfície (ao nível do pedestre) aliadas à baixa umidade relativa do ar, são alguns dos principais ingredientes para o desconforto térmico humano. Alguns índices de conforto térmico, como o de Temperatura Efetiva (TE) proposto por Missenard, 1937 consideram estas variáveis meteorológicas. Portanto, será considerado o índice TE, além também de outros índices tais como: o Índice de Desconforto de Kawamura (IDK) (Ono e Kawamura, 1991). O índice IDK é construído a partir de relações entre a temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a temperatura do ponto de orvalho ( $^{\circ}\text{C}$ ).

## **4. Materiais e Métodos Utilizados**

### **4.1 Linguagens e bibliotecas utilizadas**

De início foi utilizado o Python, mas o aluno optou por utilizar o GrADS (Grid Analysis and Display System) para as análises e plotagem dos dados.

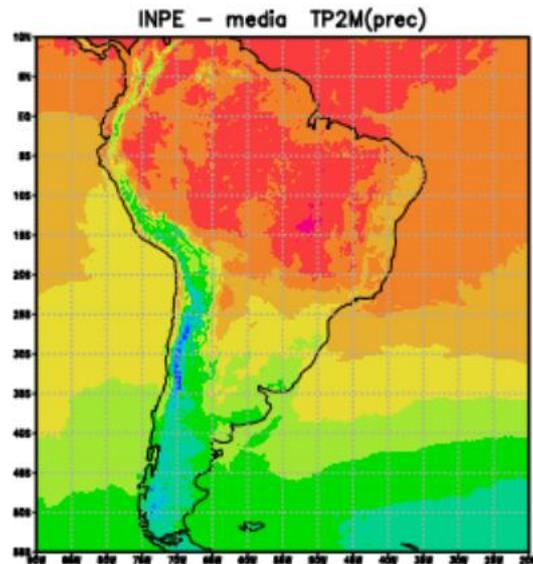
### **4.2 Software GrADS**

O software GrADS é uma ferramenta de área de trabalho interativa que é usada para fácil acesso, manipulação e visualização de dados de ciências da terra, também usado para leitura dos dados meteorológicos.

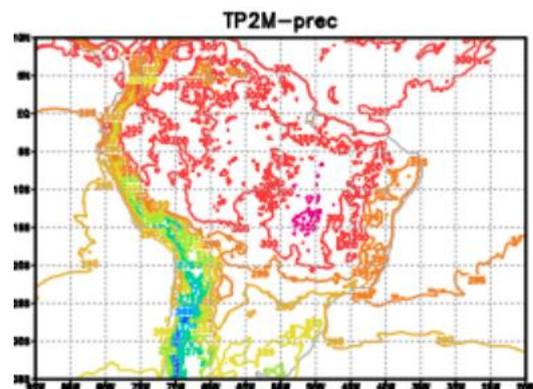
O GrADS usa um ambiente de dados de 4 dimensões: longitude, latitude, nível vertical e tempo. Os conjuntos de dados são colocados dentro do espaço 4-D pelo uso de um arquivo descritor de dados. O GrADS interpreta os dados da estação, bem como os dados em grade. Neste ambiente foram lidos os dados das simulações do modelo Eta.

## **5. Análises e Resultados**

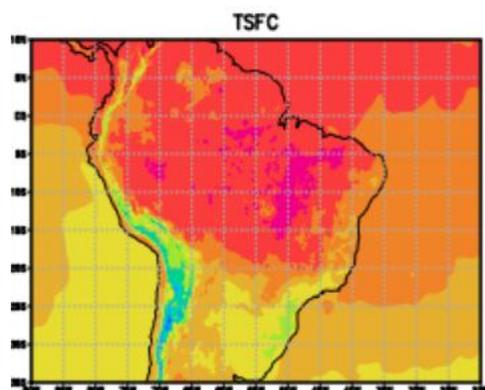
Como a parte inicial do cronograma da bolsa era familiarização com as ferramentas de análise e plotagem de dados, foram plotados campos de saídas do modelo Eta para treinamento do aluno com a ferramenta de análise GrADS.



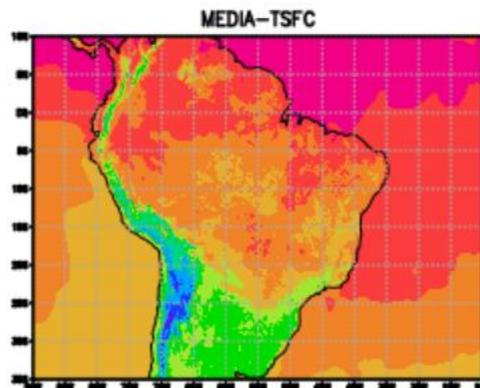
O campo espacial mostra a variável temperatura a 2 metros da superfície (tp2m). Foi aberto um arquivo NetCDF e calculada a média do tempo 1(t=1) até o tempo 12(t=12) e o formato shaded, gerando esta imagem como resultado final.



O campo acima mostra a variável tp2m no formato Stream. O arquivo em netcdf foi aberto no grads e calculada a média da temperatura a 2m no tempo 1(t=1) até o tempo 12(t=12) e o formato Stream, gerando esta imagem.



O campo espacial acima mostra a temperatura a superfície (tsfc) instantânea no tempo inicial da rodada. Neste caso, foi usado o formato shaded de plotagem do GrADS.



Nesta imagem vemos o gráfico no Modelo com a variável tsfc média desde o seu primeiro até o seu último tempo (72h), nele foi plotado todo o seu período, foi utilizado o formato shaded gerando esta imagem.

### **Observações:**

Este é um relatório parcial/final porque o aluno por motivos pessoais trancou a faculdade e fez necessário suspender a bolsa de Iniciação. Ao longo do período de bolsa o aluno cumpriu as atividades propostas no cronograma do plano de trabalho que até o momento, era familiarização com as ferramentas de análise e manipulação dos dados do modelo Eta. As ferramentas apresentadas ao aluno foram: Python e GrADS. Como a bolsa foi interrompida antes do final do projeto não foi possível concluir as análises esperadas. O período de bolsa foi importante na formação do aluno com conhecimentos de análise e manipulação de dados de projeções numérica e com uso de ferramentas estatísticas.

### **Referências Bibliográficas:**

Chou, S.C; Lyra, A.A.; Da Silva, A. J.; Sueiro, G.; Tavares, P.; Nunes, L. H.; Marengo, J. A. 2014c. 5 km Resolution Eta Model Downscaling of Present Climate in the City of Santos, Brazil In: Water Management in Transition Countries as Impacted by Climate Change and Other Global Changes, Lessons from Paleoclimate, and Regional Issues.1 ed.Belgrado: Institute for the Development of Water Resources and Serbian Academy of Sciences, v.1, p. 80-85.

Gasparri A, Guo Y, Sera F, et al. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet Health*. 2017 Dec;1(9):e360-e367. doi: 10.1016/S2542-5196(17)30156-0. PMID: 29276803; PMCID: PMC5729020.

Guo Y, Gasparrini A, Li S, Sera F, et al. Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: A multicountry time series modelling study. *PLoS Med.* 2018 Jul 31;15(7):e1002629. doi: 10.1371/journal.pmed.1002629. PMID: 30063714; PMCID: PMC6067704.

MCT. 2010. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília, DF. Brasil.

MCTI. 2016. Terceira Comunicação Nacional do Brasil para a Convenção Quadro das Nações Unidas.sobre as mudanças climáticas.

Lyra A.A; Tavares P.; Chou S.C.; Sueiro G.; Dereczynski C.; Sondermann M.; Silva A.J; Marengo J.A.; Giarolla A. 2018 Climate Change Projections over Three Metropolitan Regions in Southeast Brazil using the Non-hydrostatic Eta Regional Climate Model at 5-km resolution. *Theor Appl Climatol* (2018) 132: 663. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2067-z>

Zhao Q, Li S, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Hu K, Huxley RR, Abramson MJ, Guo Y. The association between heatwaves and risk of hospitalization in Brazil: A nationwide time series study between 2000 and 2015. *PLoS Med.* 2019 Feb 22; 16(2):e1002753. doi: 10.1371/journal.pmed.1002753. PMID: 30794537; PMCID: PMC6386221.