

## MODELAGEM DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E TEMPERATURA NA BACIA AMAZÔNICA UTILIZANDO O MODELO WRF

Carolina Sacramento Vieira<sup>1</sup>; Diogo Nunes da Silva Ramos<sup>2</sup>; Antônio José da Silva Neto<sup>3</sup>; Davidson Martins Moreira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC (Doutoranda, Bolsista); Tipo de projeto (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB)); carolinavieira265@gmail.com

<sup>2</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; davidson.moreira@gmail.com

### RESUMO

A floresta Amazônica vem sendo afetada pelo aumento do desmatamento e aquecimento de 2,2 °C. Estes impactos, somados as mudanças climáticas, destroem o ciclo natural de interação da floresta com o clima, o que afeta o fluxo de umidade em todo o planeta. Diante desse cenário, o presente trabalho tem por objetivo simular variáveis meteorológicas (evapotranspiração e temperatura) na Bacia Amazônica, utilizando o modelo de mesoescala WRF. O período de simulação foi o ano de 2021, com resolução espacial de 9 km. Foi possível avaliar a distribuição espacial da temperatura e da evapotranspiração em todos os meses do ano, explorando o comportamento das variáveis na região. As simulações mostraram-se satisfatórias evidenciando o potencial do modelo utilizado para apoiar estudos e análises ambientais direcionados à região. Pôde-se concluir que os meses de abril, outubro e novembro apresentaram os maiores valores de temperatura, com valores médios entre 36-42 °C mais bem distribuídos. Os valores mais baixos ocorreram em junho e julho, com valores médios entre 6-18 °C.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacia Amazônica, Uso e Ocupação do Solo, Alterações Climáticas, WRF.

### 1. INTRODUÇÃO

Globalmente, os fenômenos meteorológicos extremos como ondas de calor, secas e chuvas intensas, estão acontecendo com mais frequência nos últimos 20 anos<sup>1,2</sup>. Juntamente com o oceano pacífico, a Amazônia é a principal fonte de umidade da atmosfera global, tendo um papel crucial na regulação do sistema climático mundial. No entanto, a floresta Amazônica vem sendo afetada pelo aumento do desmatamento com 19 % de área desmatada<sup>3</sup>, grilagem de terras públicas, avanço da agropecuária, incêndios, degradação florestal e aquecimento de 2,2 °C<sup>4</sup>. Estes impactos, somados as mudanças climáticas, destroem o ciclo natural de interação da floresta com o clima, o que afeta o fluxo de umidade em todo o planeta<sup>5,6</sup>.

Diante do atual cenário, a busca da sustentabilidade da Amazônia tem levado ao desenvolvimento de estudos sistêmicos dos processos nos mais variados domínios do conhecimento e nas várias escalas espaciais e temporais. Para enfrentar esses desafios, a aplicação de modelos atmosféricos-hidrológicos de alta resolução está emergindo como uma alternativa promissora para a compreensão da dinâmica de uma bacia hidrográfica. O principal modelo deste tipo, WRF (*Weather Research and Forecasting Model*)<sup>7</sup>, tem sido objeto de estudos e otimizações com o objetivo de fornecer uma ferramenta numérica aprimorada para atender às necessidades mundiais de planejamento de recursos hídricos, avaliação dos impactos das mudanças climáticas na hidrologia de uma região.

Neste sentido, o presente trabalho tem o objetivo de simular variáveis meteorológicas (evapotranspiração e temperatura) na Bacia Amazônica no ano de 2021 utilizando o modelo de mesoescala WRF com resolução espacial de 9 km e dados de cobertura e uso do solo do MapBiomias.

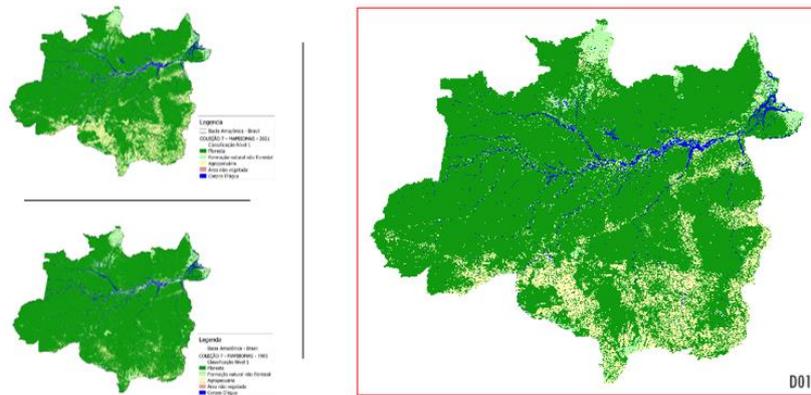
### 2. METODOLOGIA

A área de estudo do presente trabalho corresponde a Bacia Amazônica (Figura 1). As simulações foram realizadas utilizando dados de uso e ocupação do solo da Coleção 7 do Projeto MapBiomias (<https://MapBiomias.org/>), obtida na calculadora Raster do software QGIS 3.26 para os anos de 2021 e 1985, conforme detalha a Figura 1. Esses dados foram processados na calculadora Raster do software QGIS 3.26, abrangendo os anos de 2021 e 1985, detalhados na Figura 1. A análise dessas informações é crucial, pois permite que o modelo integre de maneira precisa as transformações no uso e na ocupação do solo ao longo do tempo.

As simulações foram realizadas utilizando WRF versão 4.2.0 com inicialização às 0000 UTC estendendo-se até às 1800 UTC dos meses de janeiro a dezembro de 2021 para a região em estudo. As condições iniciais e de contorno empregadas nas simulações são provenientes do modelo atmosférico global GFS (Global Forecast System) do NCEP (National Center for Environmental Prediction), com resolução horizontal de 0,25° x 0,25° e resolução temporal de 6 horas. O modelo foi configurado com uma grade (D01)

de resolução e números de células de 9 km (336x285) e 50 níveis verticais englobando a Bacia Amazônica<sup>5</sup> (Figura 1).

Figura 1 – Mudanças no uso e ocupação do solo na Bacia Amazônica nos anos de 1985 e 2021.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

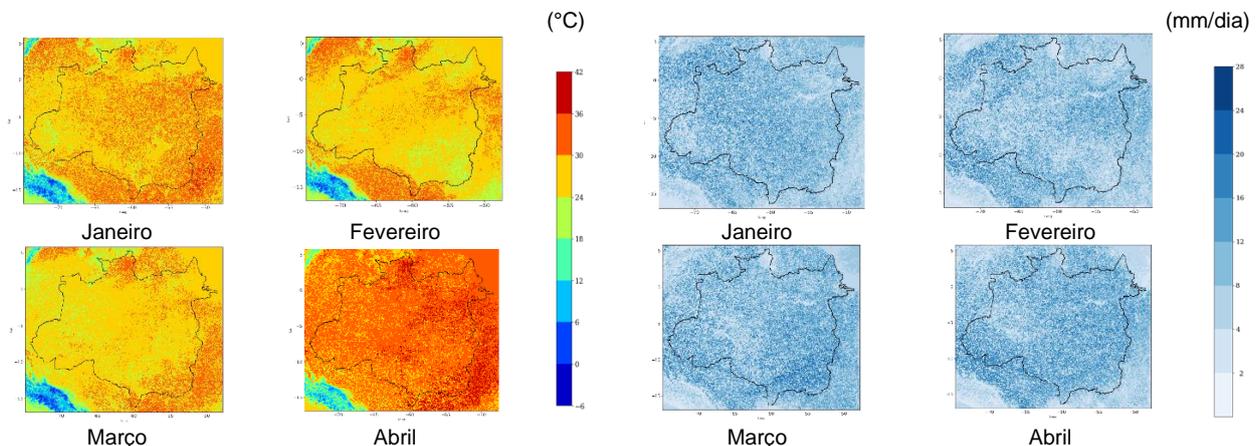
As opções de física adotadas e, deixadas inalteradas para todas as simulações, foram: microfísica WRF Single-Moment 6-class scheme, cumulus Grell-Freitas, parametrização da camada limite (Mellor-Yamada Nakanishi and Niino Level 2.5 PBL), radiação de onda curta e onda longa RRTMG e modelo de superfície Noah land-surface model. A parametrização das interações do aerossol com a radiação segue Ruiz-Arias e Thompson's water/ice-friendly.

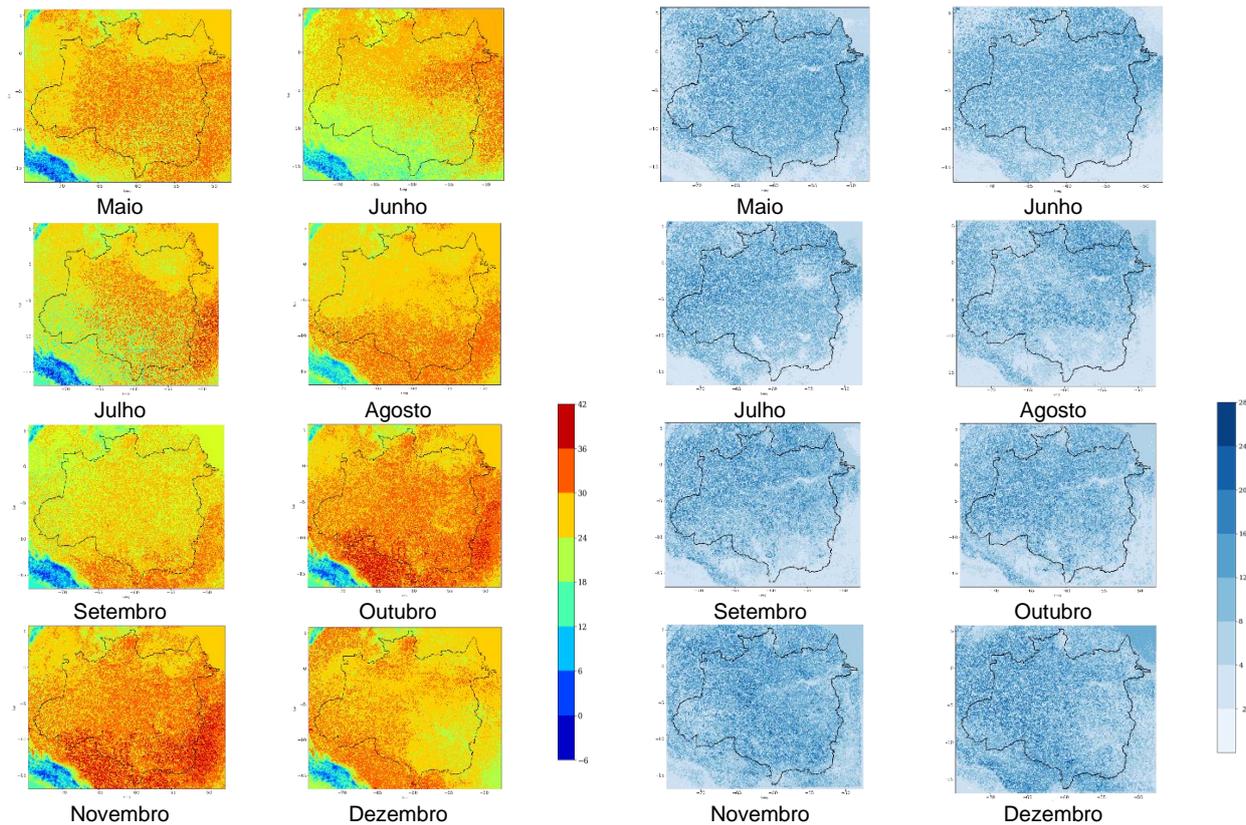
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os mapas de temperatura e evapotranspiração (ET) elaborados a partir da modelagem numérica ao longo do ano de 2021. Devido à grande extensão da Bacia Amazônica, verifica-se marcantes gradientes espaciais das variáveis hidrometeorológicas ao longo da região, resultando em variações espaciais da temperatura e ET. Observa-se nas figuras que os meses de abril, outubro e novembro apresentaram os maiores valores de temperatura, com valores médios entre 36-42 °C mais bem distribuídos. Os valores mais baixos ocorreram em junho e julho, com valores médios entre 6-18 °C. Nota-se também que as temperaturas mais elevadas são registradas no sul da bacia durante a maior parte do ano.

Para a variável ET, percebe-se que as médias mensais são bem distribuídas em toda bacia. O aumento da ET está relacionado principalmente ao aumento da radiação solar e temperatura, as duas principais variáveis responsáveis pela variabilidade da ET na região amazônica. Essa relação pode ser observada em quase todos os meses quando comparado os valores médios mensais de ET com os valores médios mensais de temperatura durante o período simulado. Os trabalhos em<sup>6,7,8</sup> apresentam resultados similares para a estimativa das variáveis de evapotranspiração e temperatura na região.

Figura 2 – Mapa da média mensal da temperatura (à esquerda) e da evapotranspiração (à direita).





#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo inicial teve como finalidade analisar a distribuição espacial da temperatura e da evapotranspiração na Bacia Amazônica, evidenciando o potencial do modelo utilizado para apoiar estudos e análises ambientais direcionados à região. Adicionalmente, o trabalho buscou abordar a atual dinâmica de uso e ocupação do solo na Amazônia, oferecendo uma perspectiva contemporânea sobre essas mudanças e seus impactos.

As futuras pesquisas se dedicarão a explorar as potenciais correlações entre o desmatamento e os padrões de evapotranspiração (ET), assim como outras variáveis meteorológicas, focando especialmente áreas da região que sofreram intensas alterações e ocupação do solo. Além disso, uma análise hidrológica detalhada será conduzida na região de Manaus, aplicando o módulo hidrológico do modelo WRF, a fim de compreender melhor as dinâmicas hídricas locais. Adicionalmente, serão analisadas através de simulações as mudanças de uso e ocupação do solo entre 1985 e 2021, devido as mudanças significativas observadas no período, a fim de tentar identificar os impactos ambientais na bacia amazônica.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro de Supercomputação do SENAI CIMATEC pela infraestrutura computacional necessária para executar o modelo e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro.

#### 5. REFERÊNCIAS

- 1 IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021.
- 2 MARENGO, José A. et al. **Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia—Cerrado transition zone**. Scientific reports, v. 12, n. 1, p. 457, 2022.
- 3 SALOMÃO, Caroline S. et al. **Amazônia em chamas: desmatamento, fogo e pecuária em terras públicas**. Nota técnica, n. 8, p. 7-8, 2021.
- 4 LOVEJOY T E e NOBRE C. **Amazon tipping point** Sci. Adv. 4 eaat2340. 2018.
- 5 VIEIRA, Carolina Sacramento et al. **Evaluation of the physical sensitivity of the wrf-hydro model in the simulation of rainfall in manaus-am using different sets of parametrizations**. 2022.

- <sup>6</sup>SIERRA, Juan Pablo et al. **Deforestation impacts on Amazon-Andes hydroclimatic connectivity**. Climate Dynamics, p. 1-28, 2022.
- SKAMAROCK, W. C. et al. Description of the Advanced Research WRF Version 4. National Center for Atmospheric Research/Boulder, Colorado, USA, 2008.
- <sup>8</sup>GOMES, Welisson Wendel Eufrásio. **Modelagem espaço-temporal da evapotranspiração de referência na Bacia Amazônica em um cenário de crescimento na emissão de gases do efeito estufa**. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências, 2020.
- <sup>9</sup>FERNANDES, Valesca Rodriguez. **Modelagem espaço-temporal da evapotranspiração de referência na Bacia Amazônica em um cenário de crescimento na emissão de gases do efeito estufa**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas, 2012.
- <sup>10</sup>GOMES, Welisson Wendel Eufrásio et al. **Simulação dos impactos das mudanças climáticas globais na evapotranspiração de referência da bacia amazônica brasileira**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 28, p. 450-470, 2021.