

AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE NEVOEIROS NA PORÇÃO ORIENTAL DO ESTADO DO PARANÁ

Luan Marcus dos Reis Silva ¹
Irani dos Santos ²

INTRODUÇÃO

O nevoeiro é um fenômeno climático em que gotículas de água visíveis e suspensas na atmosfera se apresentam muito próximas ou tocantes ao solo. Esse fenômeno é importante não somente para atividades humanas, como o transporte aéreo e rodoviário, frequentemente afetados pela redução da visibilidade (Bari *et al.*, 2023); mas também para processos naturais, já que a umidade disponibilizada pelos nevoeiros é fonte adicional de água em bacias hidrográficas quando captada através da interceptação pelo solo e pela vegetação (Lange e Santos, 2023).

Esse fenômeno é frequentemente monitorado em regiões de aeroportos pelos sistemas METAR (*Meteorological Terminal Air Report*). Entretanto, em regiões de difícil acesso, com terreno acidentado e sem presença de aeroportos, o acompanhamento do fenômeno costuma ser feito por pesquisadores através da construção de coletores de água de nevoeiro; que são equipamentos artesanais ou experimentais (Arcova *et al.*, 2019).

O comportamento dos nevoeiros em regiões de montanha é relevante para diversas áreas do conhecimento, já que é fator determinante para a fauna e flora em inúmeros biomas. Nas florestas atlânticas brasileiras, o fenômeno é destacado por muitos autores como de grande importância para o abastecimento das planícies adjacentes (Teixeira, et al, 2021) e como condicionante para a existência das florestas tropicais nebulares de montanha (*Tropical Mountain Cloud Florest - TMCF*), que são ambientes de grande diversidade e importantes serviços ecossistêmicos (Lange e Santos, 2023, *apud* Eller *et al.*, 2020).

Por conta da dificuldade do monitoramento do fenômeno, métodos para o estudo do nevoeiro por sensores orbitais já foram desenvolvidos. Dentre os métodos já utilizados, muitos não podem ser aplicados em região de montanha pelo fato de adotarem parâmetros predefinidos a respeito das nuvens, bem como assumirem um terreno plano.

¹ Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Paraná - UFPR, luan.marcus@ufpr.br;

² Professor orientador: Dr., Universidade Federal do Paraná - UFPR, irani@ufpr.br.

O modelo de previsão do tempo *Icosahedral Nonhydrostatic General Circulation Model – GLOBAL* (ICON-GLOBAL) foi desenvolvido pelo Serviço Meteorológico Alemão (DWD) em parceria com o Instituto de Meteorologia Max Planck (MPI-M) com o objetivo de aprimorar a qualidade dos dados meteorológicos desses institutos através de uma metodologia não hidrostática de previsão do tempo. O modelo disponibiliza diversas variáveis climáticas como resultado e uma delas, a que diz respeito às condições climáticas locais no momento da análise, pode ser utilizada em regiões de montanha. Os resultados disponibilizados por esse modelo possuem aproximadamente 13 km de resolução espacial e 1 hora de resolução temporal.

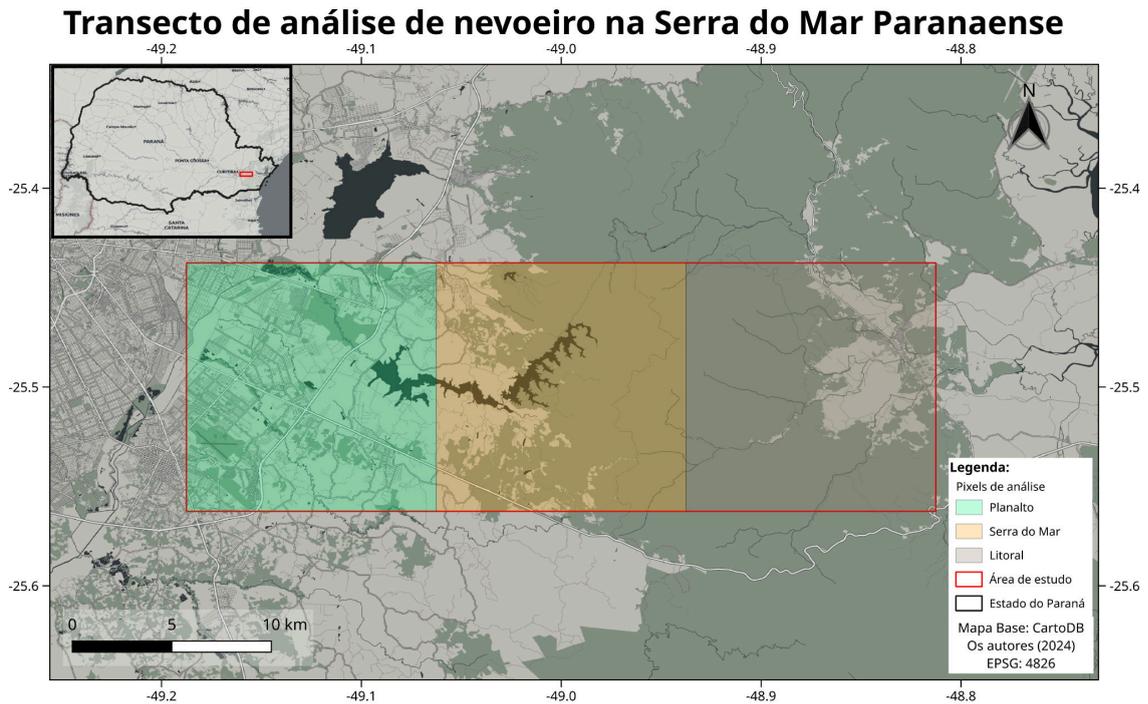
O presente trabalho tem como objetivo caracterizar a presença dos nevoeiros em um transecto que engloba o Primeiro Planalto, a Serra do Mar e o Litoral Paranaense utilizando o modelo ICON-GLOBAL. Para isso, os dados horários do modelo foram compilados em eventos individuais de nevoeiro através de critérios estabelecidos pelos autores a fim de observar suas durações e correlações ao longo do transecto.

Os resultados demonstraram que, dentro de um transecto localizado na parcela oriental do estado do Paraná, foram observados 220 eventos de nevoeiro, totalizando 71 no Primeiro Planalto, 98 eventos na Serra do Mar e 51 eventos no Litoral. A região da Serra do Mar exibiu também grande frequência de presença de nevoeiro, com ao menos 1 evento por semana durante todo o período de análise e a maior quantidade de horas de cobertura.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

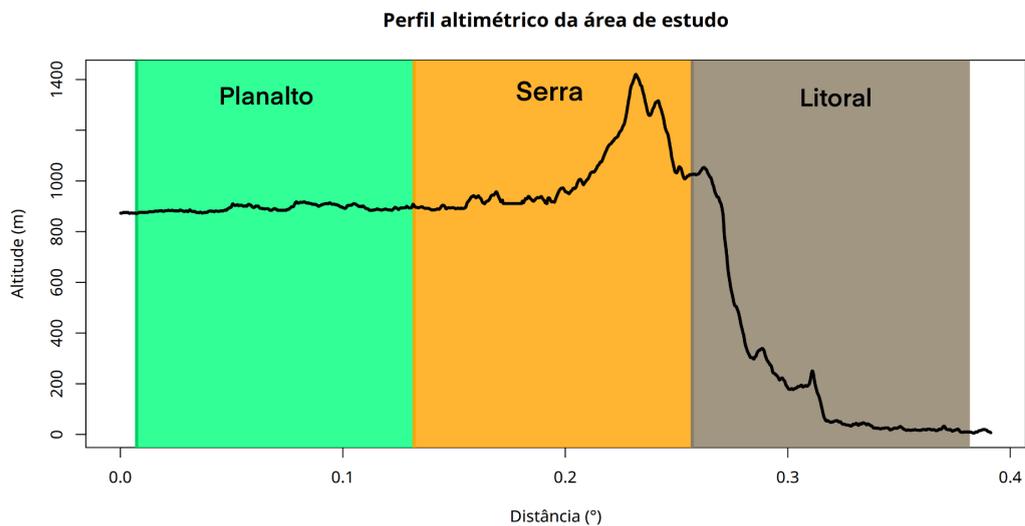
Os pixels do produto ICON-GLOBAL foram escolhidos para extração e análise através da criação de um transecto que possibilitasse uma boa amostragem das regiões de interesse na pesquisa, que foram denominadas como Planalto, Serra Do Mar e Litoral:

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: os autores (2024)

Figura 2 - Perfil altimétrico da área de estudo



Fonte: os autores (2023)

Os dados horários do modelo ICON-GLOBAL, do período entre 15 de março de 2024 até 06 de agosto de 2024, referentes ao *Weather Code* (banda WW) foram obtidos através da *Application Programming Interface* (API) *OpenMeteo* (Zippenfenig, 2024). Essa API disponibiliza rodadas anteriores de modelos de previsão do tempo para linguagens de programação. Ela também permite a separação dos dados em intervalos de tempo específicos.

Para a realização desse trabalho, todos os dados foram extraídos e tratados utilizando a linguagem de programação R e, de maneira auxiliar, a linguagem Python.

Dentre os dados retornados, foram separados todos os *Weather Codes* que resultaram em presença de nevoeiro (código 45) para cada hora. Os dados horários foram então convertidos para eventos de nevoeiro, permitindo uma tolerância máxima de 1 hora sem nevoeiro em um dado evento. Isso foi feito para que massas de nevoeiro que apresentam espaçamentos em seu interior não fossem desconsideradas da análise.

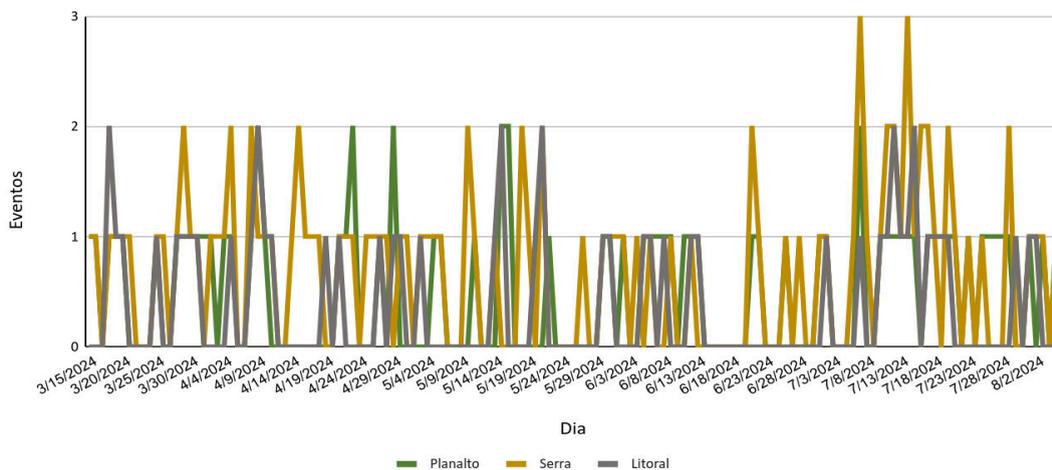
Os dados foram então plotados em: evento por dia/semana e duração por dia/semana. A fim de observar a relação entre eventos simultâneos de nevoeiro em diferentes pixels e os comportamentos relacionados à duração de cada evento, foram criados um Diagrama de Euler e uma curva de duração de eventos.

Essa organização dos dados permitiu extrair importantes conclusões a respeito das características dos nevoeiros no transecto de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

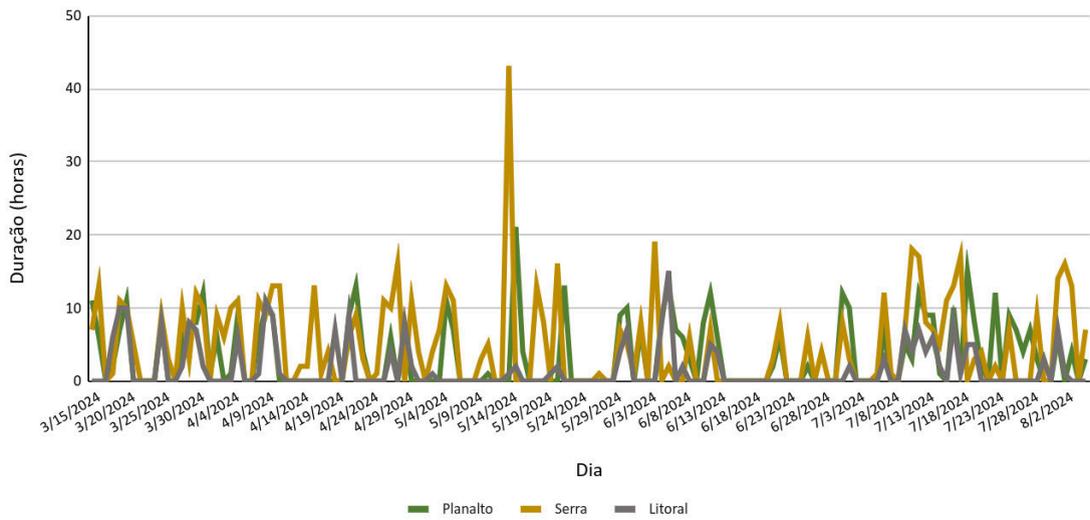
Os eventos de nevoeiro foram compilados inicialmente em número de eventos por dia e suas durações, com o objetivo de verificar a existência de padrões de ocorrência entre os locais de análise (figuras 3 e 4). É possível observar que os eventos raramente possuem duração superior a 15 horas e que a maior parte dos dias apresentou apenas um evento.

Figura 3 - eventos de nevoeiro compilados por dia



Fonte: os autores (2024)

Figura 4 - duração dos eventos de nevoeiro por dia

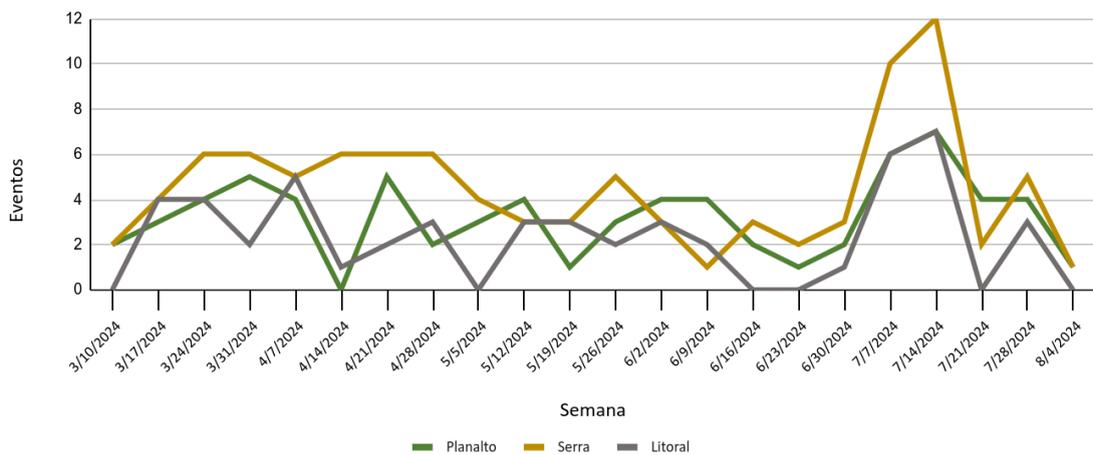


Fonte: os autores (2024)

O cotejo dos resultados nessa escala temporal evidenciou também que o pixel referente a serra tem duração consistentemente maior do que os referentes ao primeiro planalto e ao litoral.

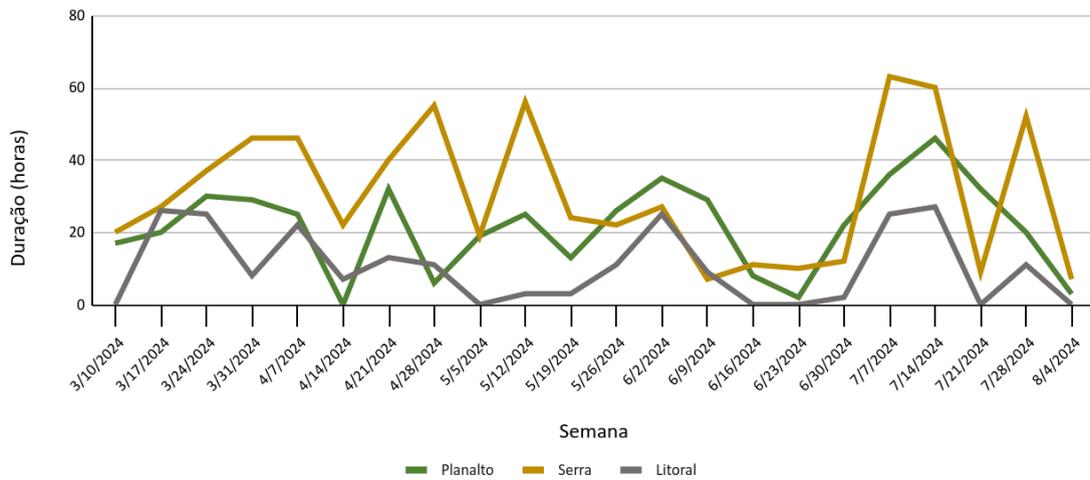
Com objetivo de observar de maneira mais simplificada a relação entre os eventos, os dados foram organizados em acumulados semanais (figuras 5 e 6). Esses resultados demonstraram que semanas sem ocorrência de nevoeiro no transecto são raras. No caso da Serra do Mar, inexistentes no período de análise.

Figura 5 - eventos de nevoeiro compilados por semana



Fonte: os autores (2024)

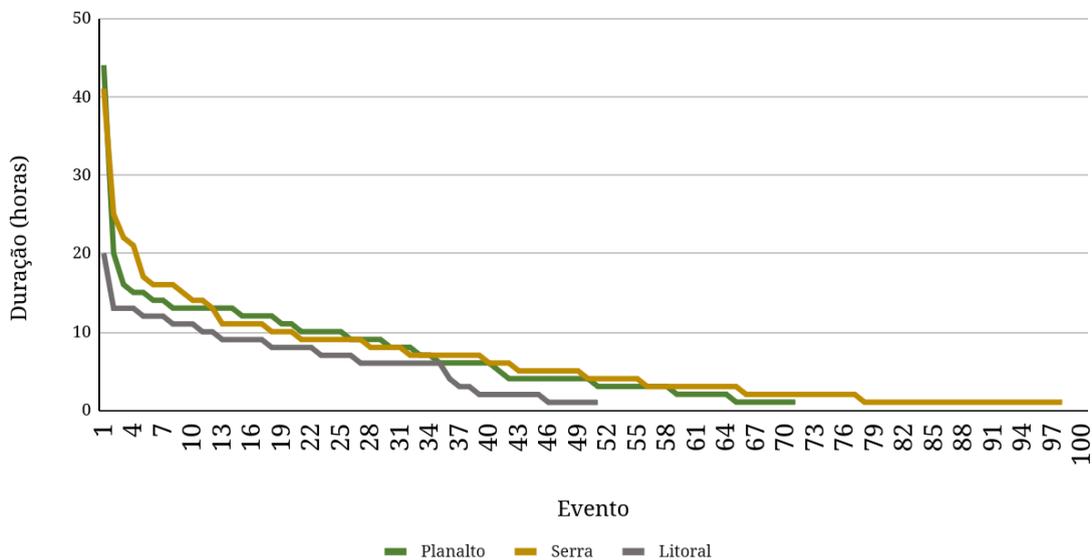
Figura 6 -duração dos eventos de nevoeiro compilados por semana



Fonte: os autores (2024)

Com os dados obtidos e com inspiração e adaptação do conceito de curva de permanência hidrológica, como descrita por Cruz e Tucci (2008), pode-se observar os eventos ordenados por duração e numerados a fim de visualizá-los hierarquicamente (figura 7). É possível observar a maior quantidade de eventos concentrada na região da Serra do Mar; e também um padrão de duração média.

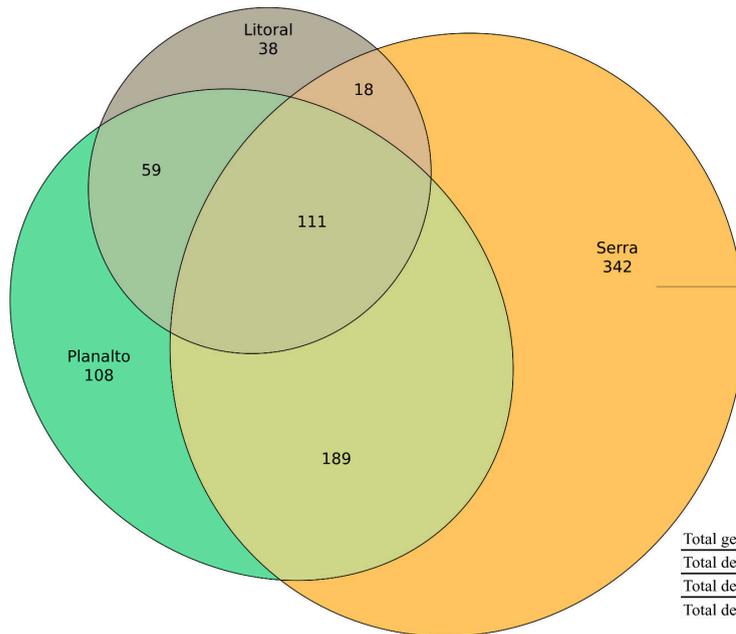
Figura 7 - curva de permanência da duração dos eventos de nevoeiro



Fonte: os autores (2024)

A somatória de horas de nevoeiro em cada parcela do transecto também foi útil para a observação da relação entre os eventos, que pode ser plotada através de um diagrama de Euler (figura 8).

Figura 8 - diagrama de euler da ocorrência de nevoeiro (horas)



Fonte: os autores (2024)

Os dados dispostos dessa maneira permitem observar que: a parcela do transecto referente a Serra do Mar apresentou a maior permanência do fenômeno para o intervalo de tempo da análise, com 660 horas de nevoeiro no período. Destas, 300 horas ocorreram simultaneamente no Planalto e 129 delas incluíram o Litoral. Ou seja, é possível observar que existe uma maior simultaneidade entre os eventos no Planalto e na Serra do Mar. No Litoral, embora tenha sido observado o menor número de horas de nevoeiro, eles também, em sua grande maioria, ocorreram simultaneamente aos eventos da Serra do Mar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um período de aproximadamente de cinco meses, de 15 de março de 2024 até 06 de agosto de 2024, foram observados 220 eventos de nevoeiros em um transecto de 33 km, na porção oriental do Paraná: 71 eventos de nevoeiro no Primeiro Planalto, 98 eventos de nevoeiro na Serra do Mar e 51 eventos no Litoral.

A organização das horas de nevoeiro em eventos diários e semanais demonstrou que, em todo o transecto, o fenômeno tem grande frequência, com destaque para a região de Serra do Mar, que apresentou pelo menos 1 evento de nevoeiro em todas as semanas do período de análise.

A reunião das horas de nevoeiro em eventos permitiu avaliar que eles são mais persistentes na região da Serra, apresentando uma duração média de 6,85 horas na Serra do Mar, 6,69 horas na Primeiro Planalto e 4,4 horas na região do Litoral.

Os resultados mostram que 40% dos eventos acontecem exclusivamente na Serra do Mar e 13% ocorrem simultaneamente no Primeiro Planalto, na Serra do Mar e no Litoral.

Palavras-chave: Nevoeiro; Serra do Mar Paranaense, modelo ICON-GLOBAL.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ARCOVA, F. C. S. et al. AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO OCULTA NA SERRA DO MAR COM COLETORES PASSIVOS DE NEVOEIRO. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 13 ago. 2019.

BARI, D. et al. Machine Learning for Fog-and-Low-Stratus Nowcasting from Meteosat SEVIRI Satellite Images. **Atmosphere**, v. 14, n. 6, p. 953, jun. 2023.

CRUZ, J.; TUCCI, C. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 111–124, 2008.

LANGE, D. R.; SANTOS, I. D. REVISÃO DOS ASPECTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS DA INTERCEPTAÇÃO DA CONDENSAÇÃO ATMOSFÉRICA. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 58, p. 63, 23 dez. 2023.

PARTNERSHIP (DWD, I. et al. **ICON release 2024.01**. World Data Center for Climate (WDCC) at DKRZ, , 3 nov. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.35089/WDCC/IconRelease01>>. Acesso em: 26 ago. 2024.

TEIXEIRA, G. M. et al. Regeneration of tropical montane cloud forests increases water yield in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecohydrology**, p. 1–11, 2021.

ZIPPFENIG, P. **Open-Meteo.com Weather API**. Zenodo, , 11 jan. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.5281/zenodo.7970649>>. Acesso em: 26 ago. 2024.