

# Processamento de Dados Meteorológicos com Python (PDMP)



XI SIC & VII SIMCA

## XI Simpósio Internacional de Climatologia & VII Seminário Internacional de Meteorologia e Climatologia do Amazonas

**Data:** 18-22 de Agosto de 2025

**Local:** Auditório SUDAM, Belém-PA

**Organização:** SBMET, UFPA, UFAM

**Website:** <https://sic2025.com.br/> (<https://sic2025.com.br/>)



### Sobre o Evento

O XI Simpósio Internacional de Climatologia (XI SIC) é um evento bienal promovido pela Sociedade Brasileira de Meteorologia (SBMET) que reúne a comunidade científica nacional e internacional para discussões sobre clima, sustentabilidade e resiliência. Este evento serve como preparação para as temáticas que serão discutidas durante a COP30, que também será realizada em Belém.

O SIC visa promover, incentivar e divulgar pesquisas nas áreas de meteorologia e climatologia, reunindo a comunidade científica e profissional para um efetivo intercâmbio de informações e conhecimentos.



### Sobre o Minicurso

Bem-vindos ao minicurso “**Processamento de Dados Meteorológicos com Python**”, parte da programação do XI SIC 2025 e VII SIMCA, em Belém-PA.

Este minicurso explora o módulo **XISIC.py**, desenvolvido especificamente para este evento, que automatiza a extração, o processamento e a conversão de dados meteorológicos históricos do INMET. O objetivo é facilitar análises científicas e operacionais, em linha com as discussões sobre clima e sustentabilidade na Amazônia.



### Autores

**Elivaldo Carvalho Rocha** - Mestrando em Gestão de Risco e Desastres Naturais na Amazônia (PPGGRD-IG-UFPA) - Bacharel em Meteorologia (FAMET-IG-UFPA) com especialização em Agrometeorologia e climatologia (FAMEESP) - MBA em Geotecnologias, Ciência de Dados Geográficos - Pós-graduando em Georreferenciamento, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (Faculdade Estácio) - Desenvolvedor Full Stack Python

**Prof. Dr. João de Athaydes Silva Júnior** - Professor Adjunto da UFPA (FAMET e PPGGRD) - Coordenador do PPGGRD (2021-2025) - Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (UFPA, 2012) - Mestre em Meteorologia (UFCG, 2008) - Diretor Administrativo da SBMET (2023-2025) - Líder do grupo de pesquisa "Clima na Amazônia" - Especialista em Climatologia Aplicada e eventos extremos

**Contato:** carvalhovaldo@gmail.com (mailto:carvalhovaldo@gmail.com)



## Módulo XISIC.py

### Sistema de Conversão e Processamento de Dados Meteorológicos INMET

O módulo **XISIC.py** fornece funcionalidades completas para extrair, processar e converter dados históricos meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do formato CSV para NetCDF utilizando a biblioteca xarray.



### Principais Características

- ✓ **Extração automática** de arquivos ZIP contendo dados meteorológicos
- ✓ **Processamento robusto** de CSVs do INMET com diferentes encodings
- ✓ **Conversão para formato NetCDF** com estrutura padronizada CF-1.8
- ✓ **Filtragem por região, UF e código WMO**
- ✓ **Tratamento de dados faltantes** e inconsistências
- ✓ **Preservação de metadados** e atributos geográficos
- ✓ **Suporte a processamento em lote** com controle de progresso
- ✓ **Estrutura de dados otimizada** para análises com xarray



### Dependências

pandas	# Manipulação e análise de dados tabulares
xarray	# Estruturas de dados multidimensionais para ciências
numpy	# Computação numérica fundamental
pydantic	# Validação de dados e serialização
pathlib	# Manipulação moderna de caminhos de arquivo
xclim	# Índices climatológicos padronizados
geobr	# Dados geoespaciais brasileiros



### Instalação das Dependências

```
pip install geobr xclim pandas xarray numpy pydantic
```



# Guia de Uso

## 1. Importando o Módulo

```
from XISIC import (
    extract_and_save_csvs,
    convert_csvs_to_netcdf,
    parse_inmet_csv_to_netcdf_robust,
    debug_inmet_file
)
```

## 2. Extração de Dados do ZIP

```
# Extrair dados do arquivo ZIP
result = extract_and_save_csvs("/path/to/2024.zip", 2024)
print(f"Arquivos extraídos: {result.file_count}")
```

## 3. Conversão CSV para NetCDF

### Conversão de Arquivo Único

```
# Converter um arquivo específico
dataset = parse_inmet_csv_to_netcdf_robust(
    csv_file_path="INMET_CO_DF_A001_BRASILIA_01-01-2024_A_31-12-2024.CSV",
    output_netcdf_path="brasilica_2024.nc",
    debug=True
)
```

### Conversão em Lote com Filtros

```
# Converter todos os arquivos
result = convert_csvs_to_netcdf("/content/INMET_2024/CSV", all_files=True)

# Converter apenas Brasília
result = convert_csvs_to_netcdf("/content/INMET_2024/CSV", uf="DF")

# Converter região Centro-Oeste
result = convert_csvs_to_netcdf("/content/INMET_2024/CSV", region="CO")

# Múltiplas UFs
result = convert_csvs_to_netcdf("/content/INMET_2024/CSV", uf=["DF", "SP", "RJ"])

# Combinação de filtros
result = convert_csvs_to_netcdf(
    "/content/INMET_2024/CSV",
    region="CO",
    uf=["DF", "GO"]
)
```

## 4. Análise dos Dados Convertidos

```
import xarray as xr
import matplotlib.pyplot as plt

# Carregar dataset NetCDF
ds = xr.open_dataset("brasil_2024.nc")

# Análises básicas
precip_diaria = ds['PRECIPITAÇÃO TOTAL, HORÁRIO (mm)'].sum(dim='hour_utc')
temp_media = ds['TEMPERATURA DO AR - BULBO SECO, HORARIA (°C)'].mean(dim='hour_utc')

# Visualização
precip_diaria.plot()
plt.title("Precipitação Diária - Brasília 2024")
plt.show()
```



## Análises Avançadas Implementadas

### 1. Análise Climatológica Básica

- Precipitação acumulada mensal
- Temperaturas médias, máximas e mínimas
- Ciclo diário de temperatura
- Análise de amplitude térmica

### 2. Correlações Meteorológicas

- Matriz de correlação entre variáveis
- Identificação de correlações significativas
- Análise multivariada com critérios estatísticos

### 3. Análise de Extremos com xclim

- Dias consecutivos secos e úmidos
- Múltiplos limiares de análise
- Índices climatológicos padronizados CF Conventions
- Comparação com climatologia normal

### 4. Análise Espacial

- Mapas de precipitação mensal
- Análise multi-estações
- Visualização georreferenciada com shapefile do DF

### 5. Rosa dos Ventos

- Análise de direção e velocidade do vento
- Distribuição por quadrantes
- Visualização polar profissional



# Exemplos de Resultados

## Estrutura do Dataset NetCDF

```
xarray.Dataset
Dimensions: (region: 1, uf: 1, wmo_code: 1, date: 366, hour_utc: 24, lat: 1, lon: 1, alt: 1)
Coordinates:
  * date          (date) datetime64[ns] 2024-01-01 ... 2024-12-31
  * hour_utc      (hour_utc) int32 0 1 2 3 4 5 6 ... 18 19 20 21 22 23
  * lat           (lat) float64 -15.79
  * lon           (lon) float64 -47.93
  * alt           (alt) float64 1.161e+03
Data variables: (17)
```

## Estatísticas Climatológicas (Brasília 2024)

- 📍 Localização: -15.79°S, 47.93°W
- 🏔️ Altitude: 1161 metros
- 💧 Precipitação total anual: 1399 mm
- 🌡️ Temperatura média anual: 22.0°C
- 💨 Velocidade média dos ventos: 2.1 m/s
- 💧 Umidade relativa média: 67%
- 🌪️ Direção predominante dos ventos: E



## Visualizações Geradas

### 1. Precipitação Mensal Acumulada

- Gráfico de barras colorido por estação do ano
- Identificação de padrões sazonais
- Comparação com médias climatológicas

### 2. Ciclo Diário de Temperatura

- Série temporal com destaque para extremos
- Conversão automática UTC → horário local
- Análise de dinâmica térmica

### 3. Matriz de Correlações

- Heatmap completo de todas as variáveis
- Destaque para correlações significativas
- Relatório estatístico detalhado

### 4. Análise de Extremos

- Visualização de dias consecutivos secos/úmidos
- Múltiplos limiares em gráficos comparativos
- Série temporal com períodos críticos

## 5. Mapa Espacial Multi-Estações

- Grid de 12 mapas mensais
- Escala de cores consistente
- Informações estatísticas por região



## Contexto Climatológico

### Bioma Cerrado - Características

- **Estação seca:** maio-setembro (120-150 dias)
- **Estação chuvosa:** outubro-abril (210-240 dias)
- **Precipitação anual típica:** 1200-1600 mm
- **Altitude de Brasília:** influencia temperaturas noturnas
- **Latitude 15°S:** resulta em variação sazonal moderada

### Avaliação Climática 2024

- **Estação seca:** 170 dias (23/04 a 09/10)
- **Classificação:** Seca EXTREMA
- **Precipitação:** 1399mm (NORMAL)
- **Padrão:** Típico do clima tropical de altitude do Cerrado



## Estrutura do Projeto

```
XISIC/  
├─ XISIC.py                # Módulo principal  
├─ README.md              # Esta documentação  
├─ examples/  
│   ├── basic_analysis.py  # Análise básica  
│   ├── correlation_analysis.py # Análise de correlações  
│   ├── extreme_analysis.py # Análise de extremos  
│   └─ spatial_analysis.py  # Análise espacial  
├─ data/  
│   ├── raw/              # Dados brutos (ZIP/CSV)  
│   └─ processed/         # Dados processados (NetCDF)  
└─ docs/  
    ├── metodologia.md     # Metodologia detalhada  
    └─ referencias.md      # Referências bibliográficas
```



## Metodologia

### Processamento de Dados

1. **Extração:** Descompactação automática de arquivos ZIP
2. **Leitura:** Tratamento robusto de diferentes encodings
3. **Validação:** Verificação de integridade dos metadados
4. **Conversão:** Estruturação para formato NetCDF CF-1.8

## Padrões Utilizados

- **CF Conventions 1.8:** Metadados padronizados
  - **xclim:** Índices climatológicos validados internacionalmente
  - **Pydantic:** Validação robusta de dados de entrada/saída
- 



## Resultados Principais

### Correlações Significativas Encontradas (96 total)

- **Forte ( $|r| \geq 0.7$ ):** 22 correlações
- **Moderada (0.5-0.7):** 21 correlações
- **Fraca (0.3-0.5):** 53 correlações
- **Taxa de significância:** 70.6%

### Análise de Extremos (xclim)

- **Padrão Meteorológico ( $\geq 1\text{mm}$ ):** 170 dias secos máximos
  - **Chuva Significativa ( $\geq 5\text{mm}$ ):** 171 dias secos máximos
  - **Chuva Moderada ( $\geq 10\text{mm}$ ):** 174 dias secos máximos
  - **Chuva Intensa ( $\geq 20\text{mm}$ ):** 194 dias secos máximos
- 



## Aplicações

### Pesquisa Acadêmica

- Análises climatológicas regionais
- Estudos de variabilidade temporal
- Caracterização de eventos extremos
- Validação de modelos climáticos

### Aplicações Operacionais

- Agricultura: planejamento de cultivos
- Recursos hídricos: gestão de reservatórios
- Defesa civil: prevenção de desastres
- Energia: planejamento energético

### Preparação para COP30

- Caracterização do clima amazônico
  - Análise de tendências regionais
  - Subsídio para políticas climáticas
  - Monitoramento de mudanças climáticas
-



# Licença

Desenvolvido para fins educacionais e científicos no contexto do XI SIC 2025.

**Uso livre** para pesquisa acadêmica e aplicações meteorológicas.

---



## Contribuições

Contribuições são bem-vindas! Por favor:

1. Faça um fork do projeto
  2. Crie uma branch para sua feature ( `git checkout -b feature/AmazingFeature` )
  3. Commit suas mudanças ( `git commit -m 'Add some AmazingFeature'` )
  4. Push para a branch ( `git push origin feature/AmazingFeature` )
  5. Abra um Pull Request
- 



## Contato e Suporte

- **Email:** carvalhovaldo@gmail.com (<mailto:carvalhovaldo@gmail.com>)
  - **Evento:** XI SIC 2025 (<https://sic2025.com.br/>)
  - **Organização:** SBMET, UFPA, UFAM
- 



## Agradecimentos

- **SBMET** - Sociedade Brasileira de Meteorologia
  - **UFPA** - Universidade Federal do Pará
  - **UFAM** - Universidade Federal do Amazonas
  - **INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia (fonte dos dados)
  - **Comunidade Python** - Desenvolvedores das bibliotecas utilizadas
- 

**Versão:** 1.0.0

**Criado:** Agosto 2025

**Última atualização:** Agosto 2025

*"Promovendo o intercâmbio de conhecimentos em ciência meteorológica e preparação para discussões da COP30"*