

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

## FLUTUAÇÕES CLIMÁTICAS NAS SÉRIES TEMPORAIS DE PRECIPITAÇÃO EM CASTANHAL-PA

**Larissa dos Santos Borges**

Mestranda em Engenharia Mecânica, ITEC, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará, Brasil  
larissa.borges@ananindeua.ufpa.br

**David Lohan Pereira Sousa**

Mestrando em Engenharia Mecânica, ITEC, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará, Brasil  
david.sousa@ananindeua.ufpa.br

**Jean Carlos de Almeida Nobre**

Mestrando em Engenharia Mecânica, ITEC, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará, Brasil  
jean.nobre@ananindeua.ufpa.br

**Luiz Claudio Fialho Andrade**

Doutor em Engenharia Mecânica, FEM, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil  
lfialho@ufpa.br

**Resumo:** Esta pesquisa apresenta uma análise das séries temporais de precipitação total anual horária para o município de Castanhal-PA, no período de 2003 a 2022. Os conjuntos de observações são ordenadas em intervalos de tempo regulares, utilizados para identificar tendências de precipitação. Realizou-se a manipulação através de tratamento estatístico das séries, diagrama *boxplot* e um método de suavização conhecido como ajuste polinomial. Essas técnicas permitiram identificar tendências de longo de duas décadas, contribuindo para uma melhor compreensão das mudanças climáticas e sua relação com a disponibilidade hídrica. Os resultados obtidos revelam uma significativa variabilidade nos valores de precipitação ao longo do período estudado, oscilando de 0,0709 mm/h a 0,3755 mm/h com 2011 sendo o ano mais seco e 2022 o mais chuvoso. A compreensão desses padrões é de suma importância para a gestão de recursos hídricos na região. A precipitação é um fator determinante para o abastecimento de água, a agricultura, a geração de energia hidrelétrica e o funcionamento dos ecossistemas locais. Compreender as flutuações nas séries temporais ajuda os gestores a antecipar possíveis crises hídricas, implementando medidas de conservação e uso eficiente da água. Além disso, a análise pode fornecer informações relevantes para o planejamento urbano e adaptação às mudanças climáticas. Com a variabilidade da

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

precipitação, áreas urbanas podem enfrentar riscos de enchentes em períodos de alta pluviosidade e escassez de água em períodos de seca. Conhecer esses padrões é crucial para desenvolver infraestruturas mais resilientes e estratégias de gestão de risco, garantindo a segurança e bem-estar da população.

**Palavras-chave:** Gestão Hídrica, Séries Temporais, Precipitação.

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas e a disponibilidade hídrica têm se tornado um tema cada vez mais relevante e urgente nos debates globais [1]. Esse fato impulsiona a necessidade de compreender os padrões e tendências de precipitação em diferentes regiões. Nesse contexto, a análise das séries temporais de precipitação é fundamental para elucidar o comportamento das chuvas ao longo do tempo e sua relação com a disponibilidade hídrica. O presente trabalho se concentra em investigar as séries temporais de precipitação total anual horária para o município brasileiro de Castanhal, situado no estado do Pará, durante o período de 2003 a 2022.

O estudo empregou técnicas estatísticas e o uso do diagrama *boxplot* como ferramenta de análise. Além disso, aplicou-se o método de ajuste polinomial para suavizar as séries, permitindo uma visão mais clara e precisa das flutuações ao longo de duas décadas.

A importância de entender a relação entre as mudanças climáticas e a disponibilidade de recursos hídricos não pode ser subestimada. A precipitação desempenha um papel crucial no abastecimento de água para a população, na agricultura, na produção de energia hidrelétrica e na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas locais. Consequentemente, conhecer as tendências de precipitação ao longo do tempo possibilita antecipar possíveis crises hídricas, bem como adotar medidas efetivas de conservação e uso sustentável da água.

Ao reunir informações relevantes sobre a variabilidade das chuvas em Castanhal, este estudo visa contribuir para a formulação de estratégias de gestão de recursos hídricos mais eficazes, garantindo a segurança e o bem-estar da população diante dos desafios impostos pelas flutuações climáticas. Ademais, os resultados obtidos poderão servir como base para a elaboração de políticas públicas sustentáveis, alicerçadas na conservação ambiental e na resiliência frente aos impactos das mudanças do clima.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

## 2.1. Regressão Polinomial

A regressão polinomial é uma técnica estatística utilizada para modelar a relação entre uma variável independente (ou preditora) e uma variável dependente. Diferentemente da regressão linear, que se baseia em uma reta para representar essa relação [2], a regressão polinomial utiliza uma equação polinomial de grau  $n$  para ajustar os dados de acordo com a forma da curva. Pesquisas recentes têm utilizado essa técnica para ajustar curvas em um conjunto de dados gerais de precipitação [3,4].

## 2.2. Diagrama Boxplot

É uma ferramenta gráfica usada para visualizar a distribuição estatística dos dados, especialmente em termos de sua dispersão e possíveis valores atípicos (*outliers*). O diagrama é composto por um retângulo que representa o intervalo interquartil (IQR), uma linha interna que representa a mediana e linhas externas chamadas *whiskers* que se estendem até os limites dos dados. Através desse gráfico, os pesquisadores podem identificar a dispersão dos dados de precipitação e as variações sazonais ao longo de um dado intervalo de tempo [5,6].

## 2.3. Séries Temporais

São conjuntos de dados ordenados em intervalos de tempo regulares, geralmente em ordem cronológica. Essas séries são usadas para analisar a evolução de uma variável ao longo do tempo, permitindo identificar padrões, tendências, sazonalidades e possíveis correlações com outros fatores. Podem ser utilizadas para avaliar o comportamento da precipitação ao longo dos anos em determinada região [7-9]

## 3. METODOLOGIA

A presente pesquisa apresenta uma análise detalhada das séries temporais de precipitação total anual horária para o município de Castanhal-PA no período de 2003 a 2022. A metodologia utilizada seguiu um processo bem definido, composto por diversas etapas.

Inicialmente, os dados de precipitação total horária (2003-2022) foram coletados no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referente ao município em questão. Em seguida, esses dados foram exportados para o *software Microsoft Excel 365* e organizados para a análise, garantindo sua





integridade e qualidade. Qualquer valor faltante ou inconsistência foi tratado a partir de médias aritméticas mensais para que os resultados fossem confiáveis.

Em sequência, aplicou-se a curva de ajuste polinomial como técnica de suavização para identificar tendências de longo prazo nos dados na forma da Equação 1, onde  $Y$  é a variável dependente que a regressão polinomial tenta prever;  $X$  é a variável independente;  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$  são os coeficientes para ajustar a curva ao conjunto de dados e  $n$  é o grau do polinômio.

$$Y = b_0 + b_2X^2 + b_3X^3 + \dots + b_nX^n \quad (1)$$

O ajuste polinomial foi realizado através de códigos *Python*, utilizando as bibliotecas *NumPy* e *SciPy*. Além disso, a variabilidade de precipitação ao longo do período estudado foi visualizada por meio do diagrama *boxplot* para cada ano, plotado a partir de valores calculados para: mediana, máximos e mínimos do conjunto de dados, limites inferiores e superiores e dos quantis 1, 2 e 3.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a regressão polinomial obtida e revela acentuada variabilidade nos valores ao longo das duas décadas. A precipitação oscilou entre 0,0709 mm/h (2011) e 0,3755 mm/h (2022).

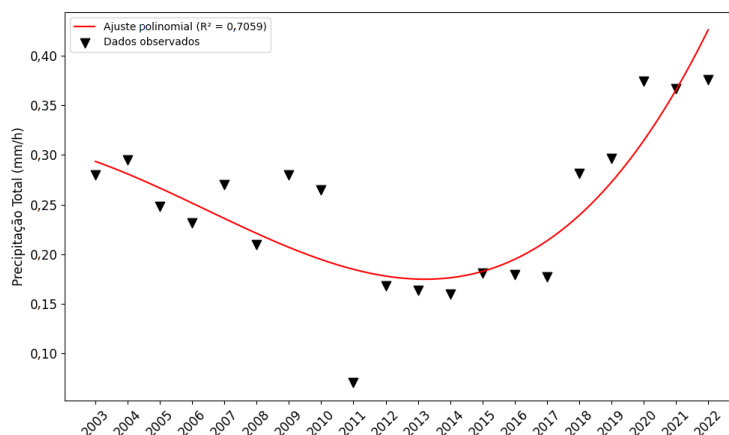


Figura 1. Precipitação total por hora e ajuste polinomial em cada ano no município de Castanhal-PA.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

Os valores medianos, indicados pela linha central no retângulo do *boxplot*, variaram de 0,045 mm/h em 2006 e 0,229 mm/h em 2008 (Figura 2). Todos os anos apresentam assimetrias positivas, sendo destacados os anos 2004 e 2005 com as menores assimetrias e 2008 com a maior.

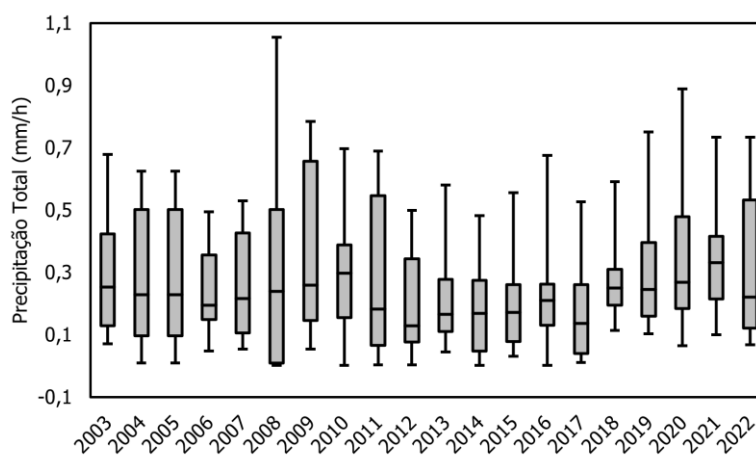


Figura 2. Diagrama *boxplot* de precipitação total por hora no município de Castanhal-PA.

## 5. CONCLUSÃO

O estudo realizado ao longo do período de 2003 a 2022 em Castanhal-PA, revelou uma notável variabilidade na precipitação total por hora no município. O ajuste polinomial indicou possíveis tendências ao longo dos anos, porém, destacou acentuadas oscilações com amplitude pluviométrica das duas décadas de aproximadamente 0,096 mm/h. Além disso, a análise dos valores medianos, evidenciou flutuações consideráveis variando de 0,045 a 0,229. A presença de assimetrias positivas em todos os anos ressalta a ocorrência de precipitações acima da média esperada. Esses dados apontam para a complexidade dos padrões climáticos na região, reforçando a importância de estudos aprofundados para compreender as causas por trás dessas variações e seus potenciais impactos na gestão hídrica da região.

## REFERÊNCIAS

PUC-Campinas

EESC USP

Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11

23/11

24/11

evento

100% online

e gratuito

- [1] Corrêa, T. R., & Dias, D. P. (2023). Focos de calor e sua relação com a precipitação e temperatura do ar do município de Jataí, Goiás. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 18(2), 44-49.
- [2] Borges, L. S., Nobre, J. C. A., Sousa, D. L. P., & Andrade, L. C. F. (2023). Construção de um novo perfil de radiação solar e temperatura do ar a partir de padrões climáticos conhecidos para a cidade de Belém-PA. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 9(2), 15352–01e. <https://doi.org/10.18540/jcecvl9iss2pp15352-01e>
- [3] Abreu, M. C., Cecílio, R. A., Zanetti, S. S., & Catrinck, C. N. (2019). Estimativa da precipitação no Espírito Santo por intermédio de regressão polinomial. *Nativa*, 7(2), 174-183.
- [4] Minaki, C. (2021). CARACTERÍSTICAS DA VARIABILIDADE E DO CLIMA URBANO EM MARINGÁ-PR. *Geosul*, 36(78).
- [5] de Lima, A. Y. B., de Souza, A. R., Statonato, G. C., Camacho, G. T. G., de Oliveira Cardoso, A., & Valverde, M. C. (2023). Padrão e extremos de precipitação na cidade de São Paulo. *E&S Engineering and Science*, 12(1), 38-52.
- [6] Pereira, G., Cardozo, F. da S., Negreiros, A. B. de, Zanin, G. D., Costa, J. C. da, Lima, T. E. R., Rufino, P. R., & Ramos, R. de C. (2021). ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS (1981-2017). *Revista Brasileira De Climatologia*, 1. <https://doi.org/10.5380/abclima.v1i0.61028>.
- [7] Cardoso, F. F. (2022). Análise estatística da precipitação pluviométrica em Belém-PA. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, PA, Brasil.
- [8] Cunha Filho, M., de Oliveira, F. H. P. C., Shinohara, N. K. S., Piscocoy, V. C., de Medeiros, R. M., de França, M. V., ... & de Holanda, R. M. (2022). A modelagem em séries temporais para estimativa de precipitação máxima diária no município de Santo Bento do Una (Pernambuco-Brasil). *RE-CIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218*, 3(2), e321164-e321164.
- [9] de Castro Silva, W. T., Costa, O. A., de Jesus Carvalho, P. C., Schneider, E. H. M., dos Santos, A. N., de Moura Fernandes, M. R., ... & de Souza, R. G. Utilização de Índice de Precipitação Padronizada na identificação da seca em municípios sergipanos no período de 1963 a 2022.