

## CARACTERIZAÇÃO E TENDÊNCIAS DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB

Giusep Magno da Silva Ribeiro<sup>1</sup>  
Paula Rose de Araújo Santos<sup>2</sup>  
Susane Eterna Leite Medeiros<sup>3</sup>  
Raphael Abrahão<sup>4</sup>

### RESUMO

As mudanças climáticas já são, atualmente, uma realidade para a vida da população, e os seus efeitos estão cada vez mais notórios com o passar dos anos. Essas alterações se tornaram uma das principais preocupações ambientais, e elas se dão tanto por causas naturais como pela ação antrópica. Em contrapartida as diversas preocupações tem-se uma crescente busca pelos estudos a partir de modelos climáticos e análise de dados históricos, sendo possível observar como se dava o comportamento passado do clima e estimar o futuro. Pensando nisso, o presente trabalho visa apresentar uma série de avaliações de tendências climáticas na cidade de Campina Grande, localizada no estado da Paraíba. Dessa forma, o estudo se iniciou realizando-se a coleta de dados para os anos de 1964 a 2018, com a análise dos seguintes parâmetros climáticos: temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e precipitação. O tratamento e análises estatísticas dos dados coletados para os 54 anos foram realizados através da aplicação do teste não-paramétrico de Mann-Kendall e estimados a partir do declive de Sen. Com os resultados da análise é possível destacar os significativos incrementos nos valores de temperatura mínima, máxima e média na localidade tanto nos dados mensais como na análise anual. Os dados de precipitação não apresentaram tendências. A partir disso, fica evidente a necessidade da ampliação dos estudos voltados a mudanças climáticas tendo como finalidade a avaliação dos impactos ambientais e sociais destas alterações.

**Palavras-chave:** clima, mudanças climáticas, Mann-Kendall, Nordeste.

### INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas estão cada vez mais evidentes na vida da população mundial, e os efeitos deste acontecimento estão sendo sentidos de forma mais acentuada com o passar dos anos. Sabendo que o clima de uma determinada região sofre alterações devido a diversos fatores, sejam eles naturais ou pela ação antrópica no meio, pode-se assegurar que o estado da atmosfera em um dado instante resulta de interações complexas entre diversos componentes

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, giusep.ribeiro@cear.ufpb.br;

<sup>2</sup> Mestranda do Curso de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, paularose@cear.ufpb.br;

<sup>3</sup> Doutoranda do Curso de Física da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, susane.eterna@cear.ufpb.br;

<sup>4</sup> Professor orientador: titulação, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, raphael@cear.ufpb.br.

do sistema físico climático (SAMPAIO & DIAS, 2014). A temperatura do ar varia por consequência da trajetória aparente do Sol tanto diariamente como anualmente, e também das alterações interanuais de temperatura, representadas pelos parâmetros de tendência e de oscilações térmicas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). O quinto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) simula cenários que buscam prever as variações dos valores de temperatura ao longo deste século. No cenário mais otimista o relatório afirma um aumento da temperatura terrestre de 0,3°C a 1,7°C, e o pior cenário do mesmo estudo estima que a superfície terrestre poderia aquecer entre 2,6°C e 4,8°C, ao longo deste século.

Em contrapartida a estes acontecimentos, tem-se uma crescente busca pelo estudo das mudanças climáticas visando compreender melhor os seus impactos no meio e formas de mitigar os efeitos causados. Em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, houve a consolidação de uma agenda global visando minimizar os problemas ambientais mundiais e a elaboração da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). Com isso foram firmados compromissos que visam promover as pesquisas científicas, tecnológicas, técnicas, socioeconômicas, as observações sistemáticas e o desenvolvimento de bancos de dados relativos ao sistema do clima (BRASIL, 2018).

Anteriormente os conhecimentos sobre tempo e clima se sustentavam através de teorias e observações. Com os avanços tecnológicos e científicos das últimas décadas tornou-se possível a realização de simulações mais extensas e detalhadas, utilizando modelos climáticos com maior precisão. Tais modelos utilizam sistemas discretizados tridimensionalmente onde são aplicados cálculos diferenciais baseados em leis da física, química e o movimento de fluidos. Estes métodos podem ser utilizados para diversos fins, entre eles simular características do clima futuro, considerando as modificações antropogênicas (NOAA, 2017). Segundo Sampaio e Dias (2014), essa evolução foi possível em virtude do entendimento da dinâmica de fluidos e da termodinâmica, permitindo a compreensão dos princípios físicos fundamentais que governam os fluxos na atmosfera.

Além dos modelos climáticos, existem outras maneiras de entender as mudanças no clima, umas delas é a utilização de dados históricos. Neste tipo de análise são aplicados métodos estatísticos para obter resultados que possibilitam o estudo de mudanças e alterações climáticas. Assim, o objetivo desta pesquisa foi a utilização de longas séries de dados

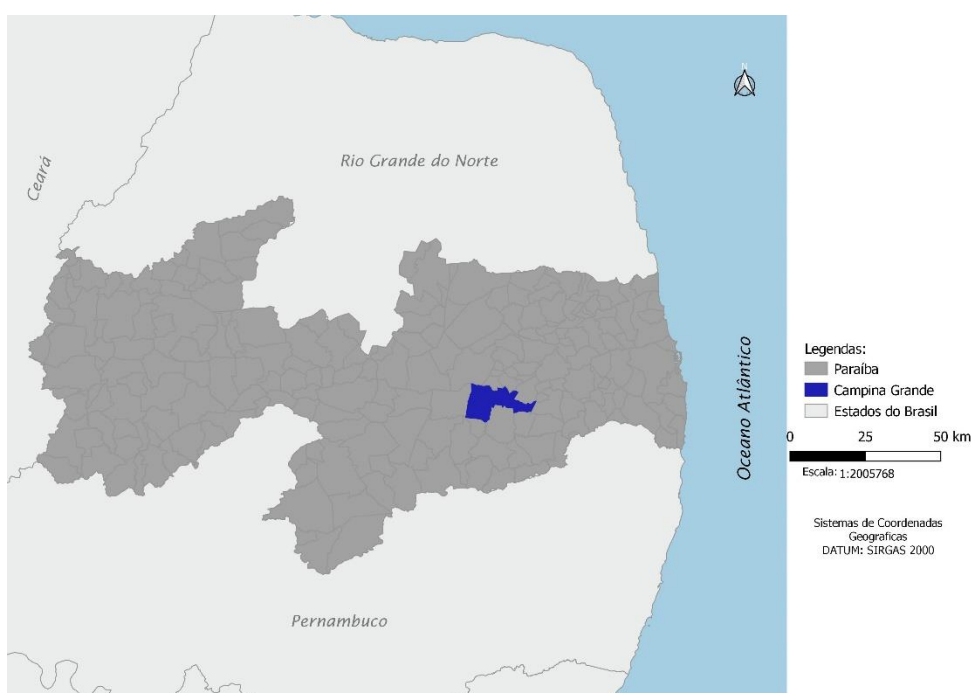
climáticos para a caracterização e compreensão das tendências climáticas na cidade de Campina Grande no estado da Paraíba.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O estudo foi realizado para a cidade de Campina Grande, localizada no estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil (Fig. 1). O estado é dividido em quatro regiões intermediárias: João Pessoa, Campina Grande, Patos e Sousa-Cajazeiras (IBGE, 2017). A cidade selecionada para este estudo faz parte da região intermediária de Campina Grande, com uma área territorial de 593,026 km<sup>2</sup> e população estimada, para o ano de 2018, de 407.472 pessoas (IBGE, 2018). Campina Grande é a segunda cidade mais populosa do estado da Paraíba, ficando atrás apenas da capital João Pessoa.

Figura 1 - Localização do município de Campina Grande no estado da Paraíba.



Fonte: Adaptado do IBGE (2018)

### Obtenção e análise dos dados históricos

Os dados utilizados foram obtidos a partir do banco de dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Estes dados estão disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), que é uma plataforma do INMET que visa dar suporte às atividades de ensino e pesquisa em meteorologia e áreas afins. Foram coletados

e utilizados dados da estação convencional (n° 82795) da cidade de Campina Grande (Paraíba). As informações coletadas são mensais e se referem ao período entre janeiro de 1964 e dezembro de 2018.

Diversos parâmetros podem ser selecionados para realizar a análise estatística dos dados, aqui foram selecionados temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e precipitação. Após obtenção dos dados brutos, foi realizada a organização e tratamento dos dados utilizando-se, para isso, o programa Microsoft Excel, separando as planilhas por parâmetros analisados. Com os dados organizados, fez-se a análise, buscando verificar e eliminar erros existentes devido a problemas técnicos nos instrumentos meteorológicos ou de transcrição dos dados.

Com os dados anuais devidamente organizados e analisados, foi utilizado como suporte de cálculo o programa Makesens, que é utilizado para detectar e estimar tendências em series temporais baseado no teste não-paramétrico de Mann-Kendall e no declive de Sen. O método de Mann-Kendall trata-se de um método sequencial e não paramétrico que é utilizado para analisar se determinada série de dados possui uma tendência estatisticamente significativa. Por possuir a característica de ser não paramétrico, o método não necessita de uma distribuição normal dos dados (YUE et al., 2002). O teste é aplicável à detecção de tendências monótonas de séries temporais, verificando se os dados se comportam de maneira crescente ou decrescente. Após isso é aplicado o método de Sen, que utiliza um modelo linear estabelecendo a inclinação da tendência e a variação dos dados constantes no tempo (SALMI et al., 2002).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

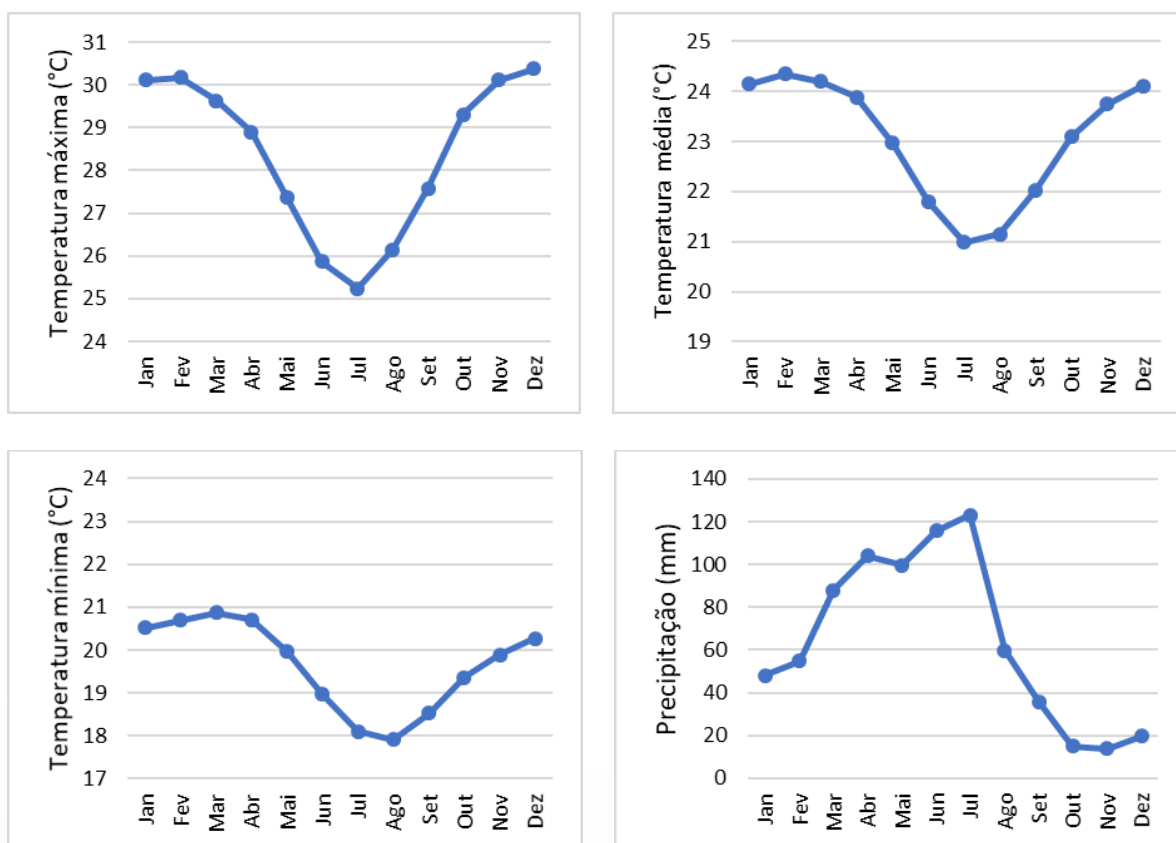
### **Caracterização climática da área de estudo**

A caracterização climática da área de estudo fornece valores das normais mensais dos parâmetros analisados. Dessa forma, foi realizada a representação da caracterização mensal do período histórico (1964-2018) para temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e precipitação (Fig. 2). É possível notar uma certa semelhança entre os gráficos de temperatura, onde os maiores índices são mostrados nos meses de dezembro a março, marcando o período de altas temperaturas da cidade, e os menores valores de temperatura estão entre os meses de junho a agosto, como também é notória a relação entre as estações do ano e os valores de temperatura e precipitação.

Para a temperatura máxima os dados estão sempre com valores acima de 25,0°C, tendo seu valor mínimo em julho (25,2°C), onde a temperatura começa a aumentar até atingir o seu maior índice em dezembro (30,4°C). Para a temperatura compensada média o comportamento é semelhante ao da temperatura máxima, tendo seus valores máximos no período do verão, onde o mês de fevereiro apresenta os maiores valores do ano com média mensal de 24,3°C, e valores mínimos no inverno (no mês de julho com 21,0°C). A temperatura mínima apresenta valores acima de 20,0°C para os meses de dezembro a abril, com o mês de março registrando os maiores valores anuais, e atinge valores abaixo de 19°C nos meses de junho a setembro, onde os menores registros estão no mês de agosto, com uma média de 17,9°C.

Com o gráfico da precipitação total é visto que de janeiro a julho os dados de precipitação apresentam crescimento elevado, com uma pequena queda nos valores do mês de maio que sai de um valor médio de aproximadamente 105 mm do mês de abril para 100 mm. O pico do gráfico refere-se ao mês de julho que registra 123 mm de precipitação e os meses de outubro e novembro apresentaram os menores valores, chegando a somente 14 mm de precipitação em novembro.

Figura 2 - Caracterização mensal do período histórico (1964-2018) para temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e precipitação para Campina Grande - PB.



Fonte: Autores



### Análise de tendências climáticas

As tendências anuais são utilizadas para ilustrar as inclinações anuais de todos os parâmetros analisados. As tendências foram detectadas a partir da utilização do teste de Mann-Kendall, quantificadas pelo declive Sen, entre os anos de 1964 e 2018, para os parâmetros de temperatura máxima, mínima, média e de precipitação (Tab. 1). As tendências anuais dos parâmetros de temperatura para a cidade de Campina Grande demonstraram graus de significância elevados, de modo que, a partir dos testes realizados para temperatura máxima, média e mínima, as taxas de declive de Sen foram de 0,06°C/ano, 0,03°C/ano e 0,04°C/ano, respectivamente.

Tabela 1 – Tendências detectadas nos dados de temperatura máxima, mínima, média e precipitação através do teste de Mann-Kendall, quantificadas pelo declive Sen para a estação meteorológica de Campina Grande-PB, entre os anos de 1964 e 2018.

Período	Temperatura Máxima (°C/ano)	Temperatura Média (°C/ano)	Temperatura Mínima (°C/ano)	Precipitação Total (mm/ano)
Jan	0,04 +	0,02 ns	0,04 *	-0,06 ns
Fev	0,04 *	0,03 +	0,05 ***	-0,15 ns
Mar	0,09 ***	0,04 **	0,05 **	-0,81 ns
Abr	0,09 ***	0,04 **	0,05 ***	-1,37 ns
Mai	0,08 ***	0,05 **	0,05 ***	-0,86 ns
Jun	0,06 ***	0,04 ***	0,05 ***	0,71 ns
Jul	0,05 *	0,03 *	0,04 **	-1,12 ns
Ago	0,05 ***	0,04 **	0,03 *	0,31 ns
Set	0,06 **	0,03 +	0,03 +	-0,21 ns
Out	0,05 **	0,03 ns	0,04 *	-0,02 ns
Nov	0,06 ***	0,03 +	0,03 *	-0,17 ns
Dez	0,05 **	0,03 ns	0,03 *	0,07 ns
Anual	0,06 ***	0,03 **	0,04 ***	-4,70 ns

ns = não significativo; +p < 0,10; \*p < 0,05; \*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,001

Outro destaque é o fato que as tendências mensais apontaram, em quase todos os meses, aumentos claros e significativos. Para os dados de temperatura máxima e temperatura mínima todos os meses apresentaram fortes tendências de aumento, tendo baixos índices de significância apenas em 2 meses, janeiro e setembro, respectivamente. Para a temperatura média os meses de setembro a fevereiro apresentaram menores tendências significativas quando comparadas aos índices dos demais meses, não apontando significâncias estatísticas nos meses de janeiro, outubro e dezembro.

Os dados de precipitação não apresentaram tendências significativas tanto nos valores mensais como nos anuais. Houve variações negativas nos dados em todos os meses exceto nos meses de junho, agosto e dezembro, ainda assim todas não significativas.

As tendências climáticas observadas para as temperaturas na cidade de Campina Grande são uma evidência do aumento dos valores de temperatura com o passar dos anos. Esse fato é uma realidade para o Nordeste brasileiro, que apresenta fortes indícios de incrementos nos valores de temperatura (SANTOS et al., 2010), confirmando e alertando para a importância de estudos sobre formas de mitigar os agentes causadores desse fenômeno, e meios de impedir que os índices de temperatura aumentem em cenários futuros.

Um estudo realizado com dados climáticos históricos em Campina Grande – PB, mostrou que a expansão urbana influenciou o comportamento da temperatura média do ar, o período pós-urbanização apresentou temperaturas mais elevadas do que o período pré-urbanização, cerca de 1°C mais elevadas (SOUSA et al., 2011). Na análise aqui realizada é possível observar que com o passar dos anos as temperaturas continuam apresentando tendências de aumento.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados das tendências nos dados dos parâmetros aqui analisados, através das séries históricas e do uso dos métodos estatísticos para os anos de 1964 a 2018, permitiram observar que as alterações climáticas que estão acontecendo podem ser verificadas diretamente. Desse modo, os testes aplicados apresentaram uma série de resultados satisfatórios e que condizem com a realidade, como os significativos incrementos nos valores dos três parâmetros de temperatura. A precipitação não demonstrou tendências significativas, dessa forma vê-se que não houve tendência durante o período, somente a variabilidade normal dos dados históricos analisados.

O acréscimo nos valores de temperatura ao longo dos anos ocasionam consequências ao meio social e também ao ambiental, como o aumento da sensação térmica nos ambientes, que acarreta um aumento na demanda de energia elétrica devido ao maior uso de ar-condicionado. Essas alterações afetam significativamente a qualidade de vida, a saúde, a economia e o meio ambiente natural e construído, e os impactos podem se mostrar de diversas formas desde influências em atividades humanas, como a agricultura, até a busca de novas

alternativas de se aproveitar os recursos naturais, como na geração de energia por fontes renováveis ou construções que priorizam o uso de iluminação e ventilação natural.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio por meio dos projetos 401687/2016-3 e 306783/2018-5.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Compromissos Estabelecidos na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC)**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2018

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias 2017. Rio de Janeiro, IBGE, 2017. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/apps/regioes\\_geograficas/](https://www.ibge.gov.br/apps/regioes_geograficas/) Acesso em: 24 de abr de 2019.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Área territorial brasileira. Rio de Janeiro, IBGE, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/campinagrande.html>. Acesso em: 24 de abr de 2019.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. A Model Based on Ocean and Atmosphere Interactions, 2017. Disponível em: [https://celebrating200years.noaa.gov/breakthroughs/climate\\_model/welcome.html](https://celebrating200years.noaa.gov/breakthroughs/climate_model/welcome.html). Acesso em: 10 de abr. de 2019

IPCC - PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. Impacts of 1.5°C of Global Warming on Natural and Human systems, 2018. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter2.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter2.pdf). Acessado em: 10 de abr. de 2019

SALMI, Timo et al. **Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the MannKendall test and Sen's slope estimates** - the Excel template application MAKESENS. Finnish Meteorological Institute, n. 31, 2002. Disponível em: [https://en.ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/335634754/MAKESENS-Manual\\_2002.pdf/25bbe115-7f7e-4de3-97d8-5a96ac88499f](https://en.ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/335634754/MAKESENS-Manual_2002.pdf/25bbe115-7f7e-4de3-97d8-5a96ac88499f). Acesso em: 17 de mai. de 2019

SAMPAIO, Gilvan; DIAS, Pedro Leite da Silva. **Evolução dos modelos climáticos e de previsão de tempo e clima**. Revista USP, n.103, p. 41-54, 2014. Disponível em:



<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99179/97655>. Acesso em: 10 de abr de 2019

SANTOS, David N. et al. **Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, V. 14, n. 5, p. 492-500, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n5/a06v14n5.pdf>> . Acesso em: 20 de maio de 2019.

SOUSA, Francisco de Assis S. de; MORAIS, Heliene Ferreira de; SILVA, Vicente de Paulo R. da. Influência da urbanização no clima da cidade de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 1, p. 134-145, 2011.

YUE, Sheng; PILON, Paul; CAVADIAS, George. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, v. 264, 30 de julho de 2002. p. 262-263. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169401005947>. Acesso em: 11 de abr. de 2019.