CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA A PARTIR DE SÉRIES METEOROLÓGICAS EM MACEIÓ-AL

Iago José de Lima Silva [1] ; Wesley Douglas Oliveira Silva [2]; Hemmylly Cawanne Alves Pedro[3]; Maria Alyne dos Santos Lima[4]; Águida Vitória Lopes de Souza[5]; João Vitor Isidoro dos Santos[6]; Rogerio Leite dos Santos[7]; & Arthur Kauê Buarque da Silva[8]

RESUMO – A compreensão da variabilidade climática é fundamental para o planejamento urbano, a gestão dos recursos hídricos e a adaptação às mudanças climáticas. Neste contexto, este estudo analisou a variabilidade climática de Maceió-AL por meio de séries meteorológicas de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e precipitação no período de 1990 a 2020, utilizando dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os resultados evidenciaram temperaturas médias máximas e mínimas anuais de 29,89 °C e 21,45 °C, respectivamente, confirmando a baixa amplitude térmica característica da região litorânea. A umidade relativa do ar manteve-se elevada durante toda a série histórica, variando entre 72,04% e 81,85%. A velocidade máxima do vento oscilou entre 6,73 e 8,80 m/s, apresentando relativa estabilidade. A precipitação média anual foi de 1.857,22 mm, com extremos de 1.089,80 mm (1998) e 3.033,10 mm (2017). A quadra chuvosa concentrou-se entre abril e julho, com pico em junho (325,58 mm), sendo influenciada principalmente pelos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs). As variações pluviométricas também apresentaram relação com eventos do ENOS. Os resultados reforçam a influência da maritimidade sobre o clima local e contribuem para a compreensão da variabilidade climática em ambientes urbanos costeiros.

ABSTRACT– Understanding climate variability is essential for urban planning, water resources management, and climate change adaptation. In this context, this study analyzed the climate variability of Maceió, Alagoas, Brazil, using meteorological time series of air temperature, relative humidity, wind speed, and precipitation from 1990 to 2020, based on data provided by the National Institute of Meteorology (INMET). The results showed annual mean maximum and minimum temperatures of 29.89 °C and 21.45 °C, respectively, confirming the low thermal amplitude typical of coastal regions. Relative humidity remained high throughout the historical series, ranging from 72.04% to 81.85%. Maximum wind speed varied between 6.73 and 8.80 m/s, indicating relative stability. Mean annual precipitation reached 1,857.22 mm, with extremes of 1,089.80 mm in 1998

[1]) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, iago.silva@icat.ufal.br
[2]) Docente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, wesley.oliveira@feac.ufal.br
[3]) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, cawanneh@gmail.com
[4]) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, maria.alyne@ctec.ufal.br
[5]) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, vitorisidoro.rhs@gmail.com
[6]) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3214-1461, aguida.souza@ctec.ufal.br
[7]) Graduando em Engenharia Florestal no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3261-1676, rogerio.santos@ceca.ufal.br
[8]) Graduando em Engenharia de Energia no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió – Al, (82) 3261-1676, arthur.buarque@ceca.ufal.br

and 3,033.10 mm in 2017. The rainy season was concentrated between April and July, peaking in June (325.58 mm), mainly under the influence of Easterly Wave Disturbances (EWDs). Rainfall variability was also associated with ENSO events. The results highlight the influence of maritime conditions on the local climate and contribute to a better understanding of climate variability in coastal urban environments.

Palavras-Chave – Variabilidade climática; Séries meteorológicas; Maceió.

1 INTRODUÇÃO

A influência do clima em uma região resulta da interação entre variáveis atmosféricas, como temperatura, precipitação, velocidade do vento e umidade relativa, que caracterizam sua dinâmica climática (Souza et al., 2019). Grande parte do Nordeste Brasileiro (NEB) apresenta características semiáridas, marcadas pela elevada variabilidade temporal e espacial da precipitação e por altas temperaturas ao longo do ano, atrelada a baixa amplitude térmica sazonal (Azevedo et al., 1998).

A variabilidade climática é um componente fundamental da dinâmica atmosférica e influencia diretamente as atividades humanas, podendo gerar impactos ambientais e socioeconômicos, especialmente durante eventos extremos (Medeiros, 2014). Os aspectos econômicos, ambientais, culturais e sociais de uma região são fortemente condicionados por suas características geográficas e climáticas, às quais a sociedade se adapta ao longo do tempo (André, 2006).

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas e seus impactos têm sido amplamente investigados, sendo associados tanto à variabilidade natural quanto às atividades humanas (NOAA/CPC, 2021). Nesse contexto, as condições climáticas da Terra apresentam flutuações contínuas em diferentes escalas temporais, permitindo a identificação da variabilidade climática e das mudanças no clima (Sentelhas e Pereira, 2000).

O clima do NEB é influênciado por diversos sistemas atmosféricos e oceânicos, destacando-se os eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS), a temperatura da superfície do mar no Atlântico, os ventos alísios, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), remanescentes de frentes frias, Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e sistemas convectivos de mesoescala (Uvo e Berndtsson, 1996). Além disso, as brisas marítima e terrestre exercem influência significativa sobre a precipitação, especialmente no setor leste do NEB (Rao et al., 1992).

As tendências climáticas identificadas em séries meteorológicas são importantes para a gestão dos recursos hídricos, da saúde pública e da produção de alimentos, além de subsidiar políticas públicas e a tomada de decisões governamentais (Obregon e Marengo, 2007). A complexidade do

sistema climático resulta da interação entre diferentes variáveis meteorológicas, o que justifica estudos específicos sobre seu comportamento (Medeiros, 2014).

Além de sua relevância demográfica e econômica, o Nordeste brasileiro destaca-se pela extensa faixa litorânea e intensa atividade turística. Entre seus principais centros urbanos está Maceió, capital do estado de Alagoas. Sua localização costeira, associada à influência de sistemas atmosféricos e oceânicos, confere características climáticas particulares que impactam diretamente a dinâmica urbana e ambiental. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo analisar a variabilidade climática de Maceió por meio de séries meteorológicas, buscando identificar padrões e tendências que contribuam para a compreensão das mudanças climáticas locais.

2 METODOLOGIA

2.1 Localização da área de estudo

O município de Maceió, capital do estado de Alagoas, localiza-se na faixa litorânea do NEB e ocupa uma área de aproximadamente 509,3 km² (IBGE, 2026). O clima da região é classificado como tropical com estação seca no verão (As), sendo fortemente influenciado pela proximidade do Oceano Atlântico (Alvares et al., 2013). A precipitação média anual é da ordem de 2.000 mm, concentrando-se principalmente entre os meses de abril e julho, enquanto a temperatura média anual situa-se em torno de 25,4 °C, apresentando baixa amplitude térmica ao longo do ano (Silva et al., 2006).

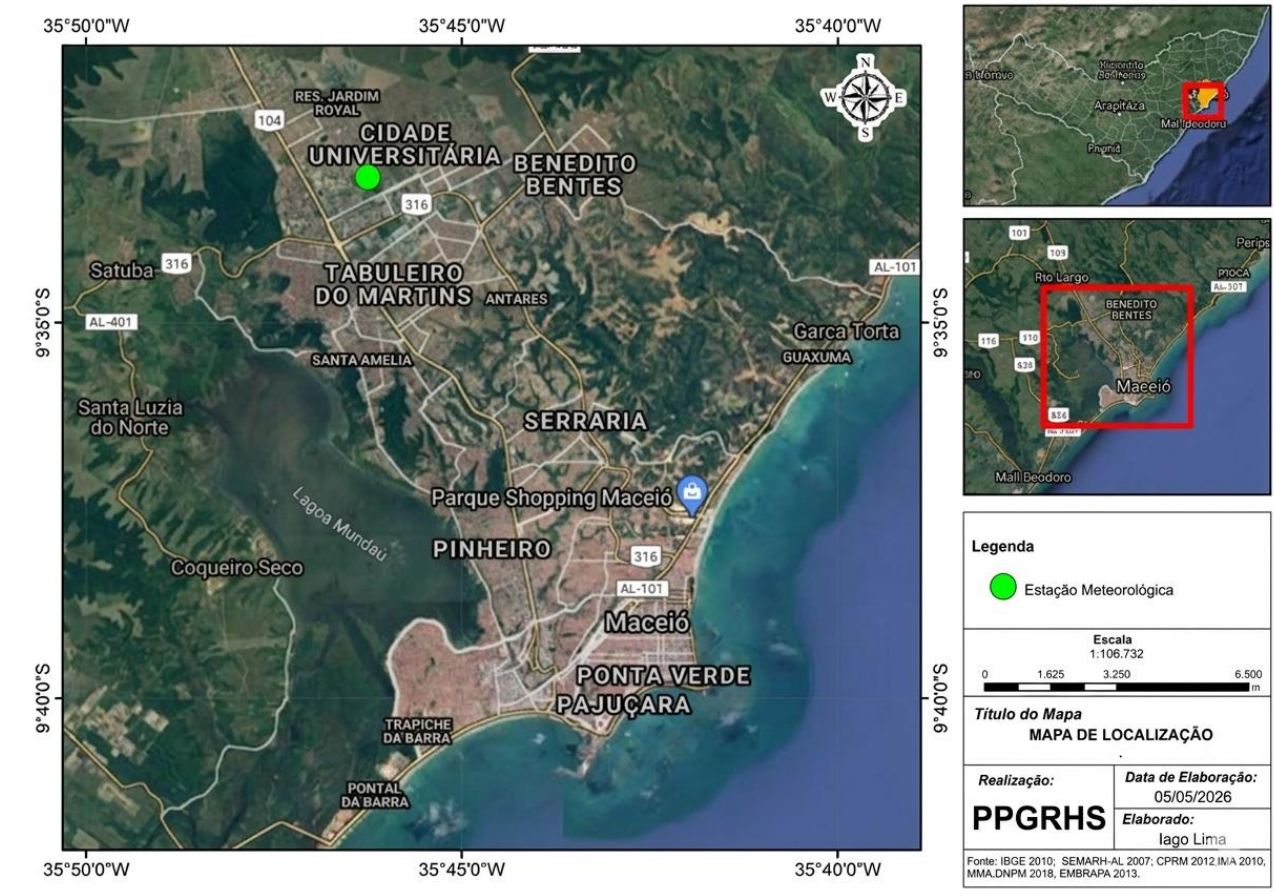


Figura 1 – Localização da Área de Estudo.

2.2 Séries Temporais (1990-2020)

Para caracterizar a variabilidade climática foram analisadas séries meteorológicas de temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e precipitação referentes ao período de 1990 a 2020. Os dados foram obtidos de uma estação meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As análises estatísticas e a elaboração dos gráficos foram realizadas no Microsoft Excel, utilizando-se medidas descritivas, como médias e valores máximos e mínimos absolutos. A classificação dos meses quanto à precipitação seguiu a metodologia proposta por Xavier e Dornellas (2005), considerando quatro classes: seco (0–50 mm), pouco chuvoso (50–100 mm), chuvoso (100–200 mm) e bastante chuvoso (>200 mm).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Série Temporal de Temperatura

A temperatura do ar é uma variável meteorológica que expressa o estado térmico da atmosfera, sendo geralmente medida em graus Celsius (Sant'Anna e Tommaselli, 2009). As séries de temperatura apresentaram comportamento homogêneo ao longo do período estudado. A temperatura média máxima atingiu seu maior valor em março (31,51 °C), enquanto a média anual das temperaturas máximas foi de 29,89 °C. Observa-se que as temperaturas médias máximas permaneceram acima da média anual entre os meses de outubro e abril, enquanto os meses de maio a setembro apresentaram valores inferiores à média anual (Correia et al., 2019).

Em relação às temperaturas médias mínimas, o menor valor médio mensal foi registrado em julho (20,39 °C), com média anual de 21,45 °C. Verifica-se que as temperaturas médias mínimas permaneceram acima da média anual entre dezembro e maio, enquanto os meses de junho a novembro apresentaram valores inferiores à média anual. Esses resultados evidenciam a sazonalidade térmica local, marcada por reduzida amplitude e forte influência da maritimidade sobre o clima de Maceió (Uvo e Berndtsson, 1996).

Tabela 1 – Temperatura °C em Maceió, (1990-2020).

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Média máxima	31	31,29	31,51	30,65	29,55	28,44	27,66	27,84	28,59	29,96	30,87	31,27	29,89
Média mínima	21,96	22,19	22,41	22,22	21,67	20,96	20,39	20,4	20,66	21,24	21,48	21,77	21,45

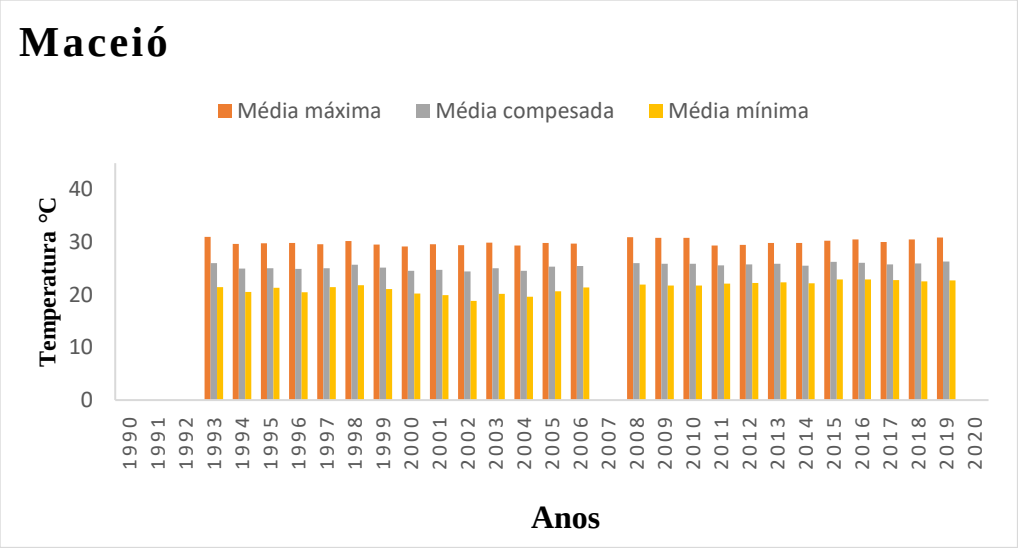


Figura 2 – Temperatura °C em Maceió (1990-2020).

A maior amplitude térmica mensal em Maceió ocorreu em dezembro (9,50 °C). O ano de 1993 apresentou a maior temperatura média máxima anual (31,02 °C), enquanto a menor temperatura média mínima anual foi registrada em 2002 (18,87 °C). Essas variações podem estar associadas à transição entre os períodos chuvoso e seco, bem como à influência de fenômenos de grande escala, como as oscilações do ENOS, e de fatores locais (Oliveira-Júnior et al., 2021).

3.2 Série Temporal de Umidade Relativa do ar

A umidade relativa do ar corresponde à razão entre a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera e a quantidade máxima que o ar pode reter na mesma temperatura (Medeiros, 2014). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), valores entre 50% e 80% são considerados adequados para o conforto humano, enquanto níveis entre 20% e 30% caracterizam estado de atenção, entre 12% e 20% estado de alerta e inferiores a 12% estado de alerta máximo.

Os valores de umidade relativa do ar permaneceram elevados durante toda a série histórica analisada. O maior valor foi registrado em 2014 (81,85%), enquanto o menor ocorreu em 1993 (72,04%). A reduzida amplitude observada ao longo dos anos evidencia a estabilidade desse parâmetro meteorológico, característica associada à forte influência marítima exercida pelo Oceano Atlântico (Ferreira e Melo, 2005). Além disso, como a umidade relativa do ar é influenciada pela temperatura e está apresenta baixa variabilidade anual na região, a umidade tende a manter comportamento relativamente constante ao longo do período analisado (Santos et al., 2010).

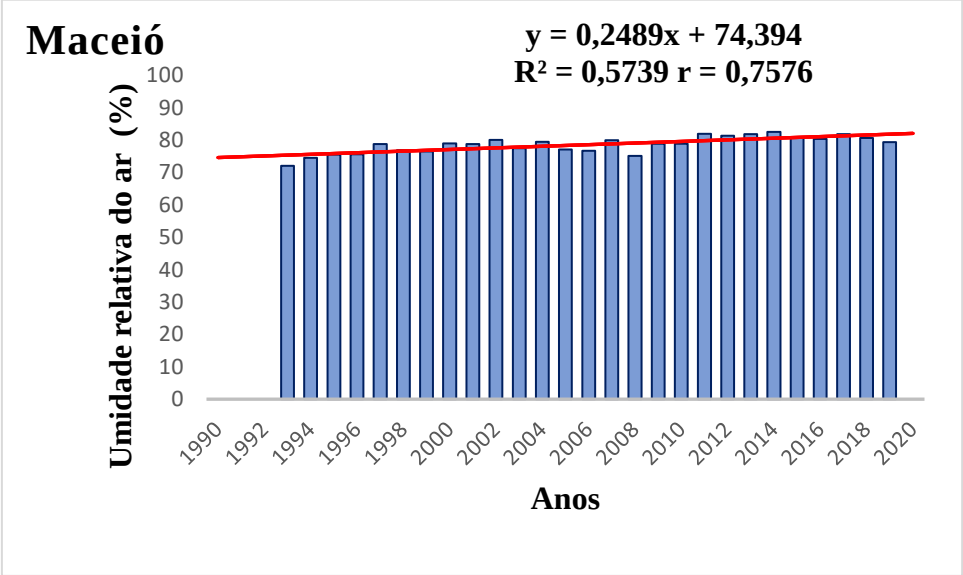


Figura 3 – Umidade relativa do ar (%) anual em Maceió (1990-2020).

3.3 Série Temporal de Velocidade do Vento

A maior velocidade máxima do vento foi registrada no ano de 2000, com 8,80 m/s, enquanto o menor valor ocorreu em 1994, com 6,73 m/s. A reduzida amplitude observada entre os valores máximos anuais indica relativa estabilidade do regime de ventos ao longo do período analisado. Entretanto, a ausência de dados entre 2008 e 2020 limita a avaliação de tendências de longo prazo e impossibilita conclusões mais robustas sobre possíveis impactos da urbanização na circulação atmosférica local (Barros et al., 2021). Dessa forma, embora os resultados indiquem velocidades de vento relativamente elevadas para a região, são necessários estudos complementares para verificar a influência das transformações urbanas sobre a dinâmica dos ventos em Maceió.

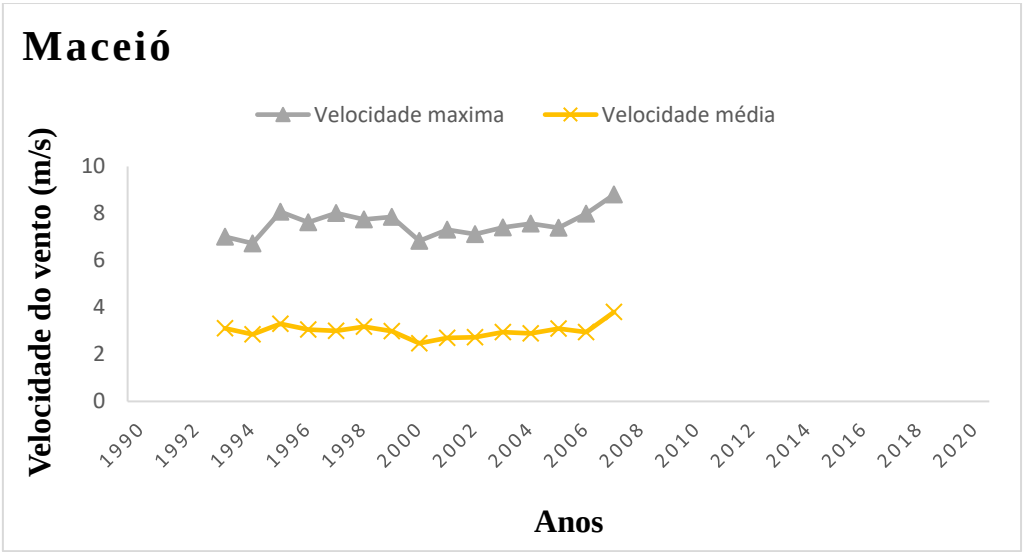


Figura 3 – Velocidade do vento (m/s) em Maceió (1990-2020).

3.4 Série Temporal Pluviométrica

A precipitação anual apresentou apenas um período bem definido com totais acima da média, compreendido entre 2009 e 2011. Nesse intervalo, foram observados os anos de 2009 (El Niño moderado), 2010 (El Niño moderado) e 2011 (La Niña moderada). Além disso, destacaram-se anos

isolados com precipitações acima da média, como 2000 (La Niña moderada), 2002 (El Niño moderado), 2004 (Neutro) e 2017 (La Niña moderada). Em relação aos períodos secos, foram identificados dois intervalos bem definidos: de 1995 a 1999 e de 2012 a 2016. Nesses períodos, ocorreram os anos de 1995 (Neutro), 1996 (Neutro), 1997 (El Niño forte), 1998 (El Niño forte), 2012 (Neutro), 2013 (Neutro), 2014 (Neutro), 2015 (El Niño forte) e 2016 (El Niño forte), conforme a classificação do CPTEC (2020). Os valores extremos da série corresponderam a 3033,10 mm em 2017, representando o maior acumulado anual, e a 1089,80 mm em 1998, correspondendo ao menor acumulado. A média anual de precipitação para o período analisado foi de 1857,22 mm.

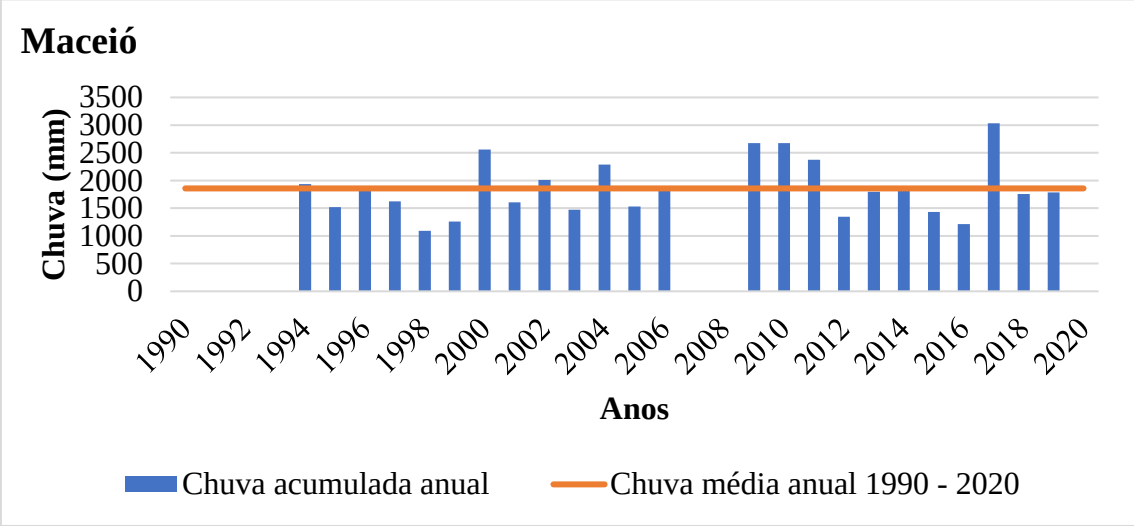


Figura 4 – Distribuição da chuva (mm) em Maceió (1990-2020).

A variabilidade pluviométrica também foi analisada por meio da classificação de Xavier e Dornellas (2005). A quadra chuvosa concentrou-se entre abril e julho, com os maiores acumulados registrados em junho e julho. A pluviometria analisada apresentou cinco períodos bem definidos: novembro e dezembro (seco), janeiro e fevereiro (pouco chuvoso), março e abril (chuvoso) maio a julho (muito chuvoso), agosto e setembro (chuvoso) e de forma isolada outubro (pouco chuvoso). Essas transições sazonais demonstram que Maceió apresenta baixos índices pluviométricos no início do ano, seguida por um período de transição até atingir o pico da estação chuvosa nos meses de maio e junho. A partir desse período, observa-se uma redução gradual dos acumulados de precipitação, culminando nos menores valores durante os meses de novembro e dezembro, comportamento que corrobora os resultados apresentados por Costa et al. (2009), Lyra et al. (2018) e Oliveira-Júnior et al. (2021) para o capital alagoana. Esse comportamento sazonal está associado principalmente à atuação dos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), e de forma complementar a remanescentes de frentes frias associados ao enfraquecimento da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), linhas de instabilidade e cavados em baixos níveis que atuam nessa porção leste do NEB (Torres e Ferreira, 2011).

Tabela 2 – Chuva média mensal (mm) com sua classificação em Maceió, (1990-2020).

Meses	Maceió	Chuva (mm)
Jan	93,14	muito chuvoso 200<chuva
Fev	77,07	
Mar	103,58	
Abr	194,01	chuvoso 100<chuva>200
Mai	281,62	
Jun	325,58	
Jul	283,10	pouco chuvoso 50<chuva>100
Ago	190,41	
Set	110,02	
Out	71,90	seco chuva<50
Nov	45,49	
Dez	34,54	

4 CONCLUSÕES

A análise das séries meteorológicas de Maceió entre 1990 e 2020 evidenciou um clima caracterizado por baixa amplitude térmica, elevada estabilidade da umidade relativa do ar e regime pluviométrico bem definido. A quadra chuvosa concentrou-se entre abril e julho, com destaque para a atuação dos DOLs e para a influência dos eventos ENOS na variabilidade interanual da precipitação. Os resultados permitiram caracterizar os principais padrões climáticos da capital alagoana, fornecendo subsídios para estudos sobre recursos hídricos, planejamento urbano e adaptação às mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pelo apoio financeiro, à Universidade Federal de Alagoas e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento pelo apoio acadêmico e institucional ao desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. (2013). *"Köppen's climate classification map for Brazil"*. Meteorologische Zeitschrift 22(6), pp. 711–728.

ANDRÉ, I.R.N. (2006). *"Algumas considerações sobre mudanças climáticas e eventos atmosféricos severos recentes no Brasil"*. Climatologia e Estudos da Paisagem, 1(1-2), pp. 1-9.

AZEVEDO, P.V.; SILVA, B.B.; RODRIGUES, M.F.G. (1998). "*Previsão Estatística das Chuvas de Outono no Estado do Ceará"*. Revista Brasileira de Meteorologia, 13(1), pp. 19-30.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2026). "*Estimativas da População Residente nos Municípios Brasileiros"*. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html. Acesso em: 10 mar. 2026.

CORREIA FILHO, W.L.F.; SANTIAGO, D.B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; SILVA JUNIOR, C.A. (2019). *"Impact of Urban Decadal Advance on Land Use and Land Cover and Surface Temperature in the City of Maceió, Brazil"*. Land Use Policy 87, pp. 104026.

COSTA, M.S.; SANTOS, P.J.; CAMPOS, N.T.; NETO, H.M.B. (2009). *"Comportamento do regime pluviométrico mensal para capital alagoana – Maceió"* in Anais do XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009.pp. 1-12.

CPTEC - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. (2020). *El Niño - Oscilação Sul (ENOS)*. Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/. Acesso em: 22 mar. 2026.

FERREIRA, A.G.; MELLO, N.G.S. (2005). *"Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região"*. Revista Brasileira de Climatologia 1(1), pp. 15-28.

LYRA, M.J.A.; BONFIM, O.E.T.; JANUÁRIO, I.F.; SILVA, Y.U.; MESQUITA, G.A.L.; CAVALCANTE, L.C.V. (2018). *"Aplicação de metodologias distintas no comportamento pluviométrico de Maceió/AL"*. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais 9(3), pp. 104-112.

MEDEIROS, R.M. (2014). *"Caracterização de mudanças climáticas por meio de séries meteorológicas para o município de Teresina/Piauí"*. Revista Pernambucana de Tecnologia, 2(2), pp. 6-17.

NOAA/CPC - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION / CLIMATE PREDICTION CENTER. (2021). "*Cold & Warm Episodes by Season"*. Disponível em: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml. Acesso em: 15 mar. 2021.

OBREGON, C.G.; MARENGO, J.A. (2007). *Mudanças climáticas observadas no Brasil: tendências da temperatura e da precipitação*. INPE, São José dos Campos-SP. 163 p.

OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; GOIS, G.; SILVA, I.J.L.; SOUZA, E.O.; JARDIM, A.M.R.F.; SILVA, M.V.; SHAH, M.; JAMJAREEGULGARN, P. (2021). *"Wet and dry periods in the state of Alagoas (Northeast Brazil) via Standardized Precipitation Index"*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 224, pp. 105746.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. (2026). *"Publicações da Organização Mundial da Saúde"*. Disponível em: https://www.who.int/eportuguese/publications/pt/. Acesso em: mar. 2026.

RAO, V.B.; LIMA, M.C.; FRANCHITO, S.H.; SERVAIN, J. (1992). *"On the Role of Coastal Wind in the Interannual Variations of Rainfall over Eastern Northeast Brazil"*. TOGA Notes, 8, pp. 6-9.

SANT'ANNA NETO, J.L.; TOMMASELLI, J.T.G. (2009). *"O estado térmico da atmosfera e os impactos na saúde humana"*. Revista Brasileira de Climatologia, 5, pp. 45-58.

SANTOS, D.N.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S.; SILVA, R.A. (2010). "*Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil"*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 14(5), pp. 492-500.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.L. (2000). *Meteorologia Agrícola*. 1.ed., ESALQ, Piracicaba-SP, 172 p.

SILVA, V.P.R.; ALMEIDA, R.S.R.; SILVA, B.B. (2006). *"Variabilidade espacial e temporal das chuvas no Estado da Paraíba"*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10(3), pp. 681-689.

SOUZA, P.H.; SANTOS, B.C.; SANCHES, R.G. (2019). *"A identificação de anos secos, chuvosos e normais em Machado/MG através do estudo de uma série histórica e análise do comportamento da precipitação"*. Caderno de Geografia, 29(Esp.1), pp. 110-131.

TORRES, R.R.; FERREIRA, N.J. (2011). *"Case Studies of Easterly Wave Disturbances over Northeast Brazil using the Eta Model"*. Weather and Forecasting, 26(2), pp. 225-235.

UVO, C.R.B.; BERNDTSSON, R. (1996). *"Regionalization and Spatial Properties of Ceará State Rainfall in Northeast Brazil"*. Journal of Geophysical Research, 101(D2), pp. 4221-4233.

XAVIER, R.A.; DORNELLAS, P.C. (2005). "*Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, região agreste de Alagoas"*, in Anais do VI Congresso Brasileiro de Climatologia, Arapiraca-AL, 2005.pp. 1-12.