

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

TENDÊNCIA DO REGIME DE CHUVAS PARA O MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB

Pedro Benjamin Carreiro Lima Monteiro¹; Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral²

Abstract: This article aims to evaluate the rainfall trends for the city of João Pessoa based on seven rainfall indices proposed by the World Meteorological Organization (WMO): Rx1day, Rx5day, CWD, R10mm, R20mm, R50mm, PRCPTOT. The results showed that there is a tendency for extreme rainfall events although there is little or no change in the total annual rainfall. In addition, an increase in the number of rainfall events with at least 10 mm and in consecutive wet days was noted. Furthermore, the rainy season in the city should be the one when the city's drainage system will remain most in demand.

Resumo: O presente artigo objetiva avaliar a tendência do regime pluviométrico para o município de João Pessoa a partir de sete índices pluviométrico propostos pela Organização Mundial de Meteorologia (OWM): Rx1day, Rx5day, CWD, R10mm, R20mm, R50mm, PRCPTOT. Os resultados mostraram que há uma tendência para eventos de chuvas extremos embora haja pouca ou alteração no total pluviométrico anual. Além disso, foi notado um aumento na quantidade de eventos de chuvas com no mínimo 10 mm e nos dias úmidos consecutivos. Ainda, a quadra chuvosa do município deve ser aquela onde o sistema de drenagem da cidade permanecerá mais solicitado.

Palavras-Chave – Índices pluviométricos, eventos extremos, drenagem urbana.

1 INTRODUÇÃO

A drenagem urbana é um dos quatro pilares do sistema de saneamento básico de uma cidade e consiste em drenar as águas pluviais da zona urbana de maneira segura até um local capaz de recebê-las, geralmente um rio. Entretanto com a crescente urbanização das cidades e mudanças climáticas, o sistema de drenagem tem sido cada vez mais solicitado.

O levantamento do Centro de Pesquisas em Epidemiologia de Desastres (CRED) mostra que em 2022 o número de inundações foi o maior, inclusive superando a média (2001-2021) em 4,0%. Dos 10 desastres que mais afetaram as pessoas, quatro foram decorrentes das inundações (CRED, 2023). Vale lembrar também, que os impactos causados pela inundaçāo não são apenas financeiros e materiais, mas também afetam a saúde física e mental das pessoas, sem mencionar as inconveniências geradas pelas interrupções de serviços como transporte público, energia e água (Fátima & Cabral, 2013; Machado et al., 2005; Souza & Nascimento, 2017).

Mas se por um lado a urbanização das cidades, com a impermeabilização do solo tem exigido sistemas de drenagem cada vez mais robustos; por outro, é preciso considerar a alteração no regime de chuvas. Quanto mais intensas as chuvas, maior será o escoamento gerado e consequentemente,

1) Doutorando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pelo PPGEC/UFPE. Email: pedro.benjamin@ufpe.br

2) Professor Doutor na UFPE e Poli/UPE. Email: jaime.cabral@ufpe.br

maior deverá ser a capacidade do sistema de drenagem. Todavia como saber se há ou não alteração no regime de chuvas?

Uma das formas para verificar isso é através de índices. O uso de índices é consagrado desde o século XIX (Zhang et al., 2011). Existem diversos índices climáticos que podem usar apenas uma variável - como o Índice Padronizado de Precipitação (SPI), que utiliza apenas dados de pluviometria - ou mais de uma – como o Índice Padronizado de Precipitação e Evaporação (SPEI), que utiliza precipitação e evaporação -, ou ainda índices que são calculados a partir de outros índices como é o caso do Índice de Saúde da Vegetação (VHI).

Em 1999, a Organização Meteorológica Mundial (WMO) propôs o uso de 27 índices climáticos, que consideram a temperatura e precipitação, a fim de padronizar as análises e possibilitar a comparação entre diversas regiões do globo. Esses índices permitem a comparação entre diversos países com a vantagem de superar a maioria das restrições como, por exemplo, falhas na divulgação dos dados diários (Zhang et al., 2011).

Os índices pluviométricos são os seguintes: (i) Rx1day – apresenta a precipitação máxima em um único dia para o período analisado, geralmente um ano; (ii) Rx5day – apresenta a precipitação máxima em cinco dias consecutivos para o período analisado; (iii) SDII – mede a intensidade pluviométrica dos dias úmidos; (iv) Rnmmm – são índices que analisam a quantidade de dias com um determinado volume de chuvas; (v) CDD – número máximo de dias consecutivos secos, (vi) CWD – número máximo de dias consecutivos úmidos; (vi) PRCCPTOT – volume total precipitado em um ano; (vii) R95pTOT e R99pTOT – calculam o número de eventos em que a precipitação foi maior que o percentil 95% e 99% respectivamente.

Assim, o objetivo desse artigo é avaliar a tendência do regime de chuvas a partir de sete índices pluviométricos (Rx1day, Rx5day, CWD, R10mm, R20mm, R50mm, PRCCPTOT) para o município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Para isso foi escolhida a estação de João Pessoa, mantida pelo INMET, com dados disponíveis desde 1981 a 2025.

Situada no litoral do nordeste brasileiro, a capital paraibana tem recebido atenção nos últimos anos devido ao marketing criado como a melhor cidade brasileira para se morar. Tem havido uma expansão do perímetro urbano e a atual gestão tem promovido a pavimentação das ruas (uma de suas promessas de campanha). Nesse ponto, é importante avaliar o regime pluviométrico da capital, bem como as suas tendências a fim perceber os impactos sobre o sistema de drenagem existente.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Capital do estado da Paraíba, João Pessoa tem despontado como um polo turístico brasileiro nos últimos anos, é o que mostra as pesquisas feitas por empresas especializadas no ramo como a Booking e Kayak (Booking.com, 2024; Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2024).

Dados do censo 2022 (IBGE, 2022) revelam que a população do município aumentou em 15,26% em relação ao censo de 2010. Um movimento que veio acompanhado da expansão urbana do município. Segundo dados do MAPBIOMAS, de 2010 a 2023 o perímetro urbano sofreu uma expansão de 13,4% (Brasil, 2023). Entretanto os serviços de infraestrutura em saneamento não conseguiram acompanhar essa expansão na mesma velocidade.

Segundo dados do Sistema de Informações sobre Saneamento (Ministério das Cidades, 2024), mostra que a capital ainda carece de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, enquanto nos anos de

2021 e 2022 sofreu um total de 8.600 eventos hidrológicos adversos (inundações, alagamentos e enxurradas), a maior parte deles no ano de 2021. No ano de 2022 foram registradas 100 mortes decorrentes desses eventos.

Quanto ao monitoramento, atualmente há um total de 11 estações gerenciadas por 03 órgãos diferentes: Agência Executiva de Gestão das Águas (AESÁ), o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta e Desastres (CEMADEN) e o Instituto Nacional de Meteorológico (INMET). Desses, o CEMADEN geriu o maior número de estações, mas também são aquelas com dados mais recentes (desde 2012). A AESÁ possui cinco estações com dados desde 1994, já o INMET possui apenas uma estação, mas com dados desde 1981. A figura 1 apresenta a localização das estações.

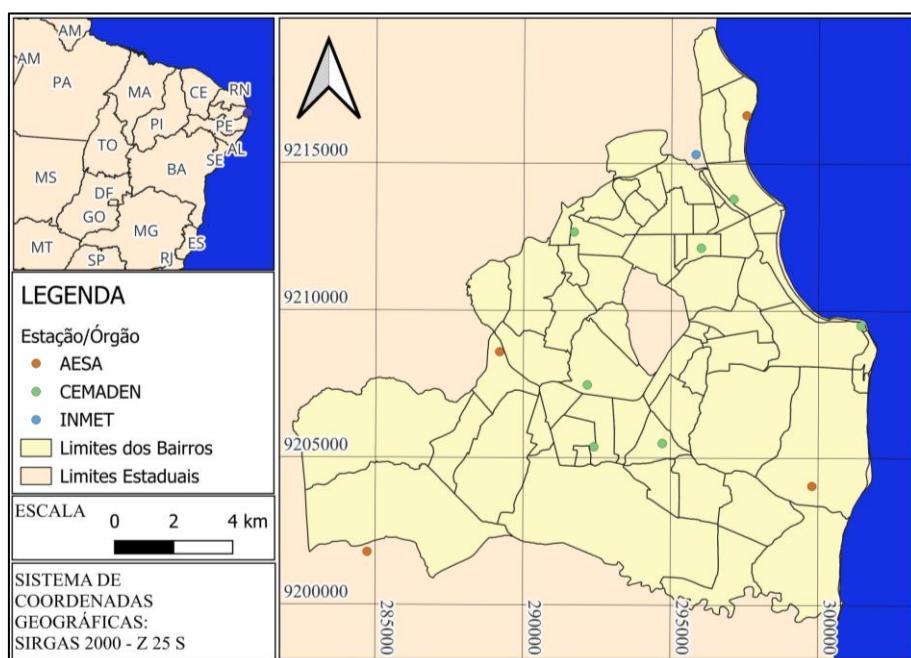


Figura 1 - Localização das Estações Pluviométricas no Município de João Pessoa

O regime pluviométrico do município é influenciado principalmente pelos Distúrbios Ondulatórios do Leste, que podem provocar precipitações da ordem de 100 mm em um único dia. Os meses mais chuvosos são abril, maio, junho e julho. Contudo, as normais climatológicas produzidas pelo INMET têm mostrado um deslocamento do mês mais chuvoso, saindo de maio para junho.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi baseada em um estudo de caso para o município de João Pessoa, sendo utilizados dados quantitativos de uma estação específica para calcular os índices pluviométricos. Ainda como forma de caracterizar e identificar possíveis alterações no regime de chuva, os dados foram agrupados por períodos de dez anos.

Foi utilizado a estação do INMET de João Pessoa (código 82798), de coordenadas geográficas 7,09 S e 34,85° W, que possui dados desde janeiro de 1981 até o presente. O período analisado compreendeu dados de janeiro de 1981 a dezembro de 2024.

Como o objetivo do artigo é analisar o regime de chuvas do município, o que implica diretamente na gestão do sistema de drenagem, foram analisados setes índices: Rx1day, Rx5day, CWD, R10mm, R20mm, R50mm e PRCPTOT. Os Rx1day e Rx5day indicam a intensidade da chuva, informando o grau de magnitude. O primeiro refere-se a chuva máxima ocorrida em um único dia num determinado ano, já o segundo é o volume máximo para cinco dias consecutivos.

CWD, R10mm, R20mm e R50mm indicam a duração, frequência e ocorrência das chuvas. O CWD mostra o número máximo de dias chuvosos consecutivos, enquanto os demais apresentam o total de dias com chuvas de 10, 20 e 50 mm ao longo de um ano. Importante destacar que no caso do CWD somente são considerados dias chuvosos aqueles cuja pluviometria seja ao menos 1,0 mm/dia.

Por último, o PRCPTOT tem a intenção de mostrar o total pluviométrico por ano a fim de observar se há mudança no volume de chuvas.

Os índices supracitados foram calculados com o auxílio da linguagem R, através dos pacotes tidyverse (Wickham et al., 2019) e zoo (Zeileis & Grothendieck, 2005).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Rx1day e Rx5day

Segundo Becker e Bandeira (2025), João Pessoa tem uma média pluviométrica anual de 1.732 mm, sendo a quadra mais chuvosa os meses de abril, maio, junho e julho com precipitações mensais superiores a 200 mm. A publicação destaca que o principal impulsor são os Distúrbios Ondulatórios de Lestes (DOLs), ondas de pequena amplitude nos campos de vento e pressão que se propagam do continente africano até o litoral brasileiro. Sua intensidade e frequência dependem da temperatura do oceano Atlântico (Becker & Bandeira, 2025).

Ao analisar os dados da estação de João Pessoa, monitorada pelo INMET, de fato essa é a quadra mais chuvosa, havendo anos em que o total mensal para esses meses ultrapassou os 600 mm. Por outro lado, os meses mais secos são setembro, outubro e novembro, com uma pluviometria abaixo de 100 mm.

A tabela 1 compila os resultados por ano e índice para o período de 1981 a 2024. Por ela, nota-se que o volume de chuvas para um único dia é na maior parte das vezes superior a 100 mm, enquanto o total precipitado no ano, o valor pode ultrapassar 2.000 mm.

O período histórico analisado mostra que boa parte dessas precipitações ocorrem na quadra chuvosa (figura 2b). Maio teve 31,5% das ocorrências, seguido de julho com 18,5%, junho com 16,7% e abril com 13,0%. Contudo junho revelou-se o mês com os maiores volumes de chuva em um único dia, apresentando uma média de 142 mm. Foi também nesse mês que foi registrado o maior total pluviométrico para um único dia de 194 mm.

Por último, ainda é possível perceber pela figura 2c que há um aumento do volume diário de chuvas ao longo dos anos. De maneira geral, nos períodos de 2003-2013 e 2014-2024 houve um aumento no número de chuvas diárias com volumes acima de 150 mm e entre 100 e 150 mm.

Tabela 1 - Índices Pluviométricos para o período histórico considerado

Ano	Índices Pluviométricos						
	Rx1day (mm)	Rx5day (mm)	R10mm	R20mm	R50mm	CWD	PRCPTOT (mm)
1981	152,60	222,90	30	13	3	6	1.375,90
1982	71,20	158,80	58	33	4	8	1.790,40
1983	98,00	137,60	38	14	2	8	1.193,70
1984	124,60	261,50	64	33	11	8	2.277,60
1985	130,80	282,00	70	47	19	10	3.085,60
1986	194,00	229,00	58	33	8	13	2.466,20
1987	147,20	224,80	56	31	5	11	1.965,50
1988	112,00	179,60	49	24	7	16	1.796,10
1989	149,00	336,40	44	26	10	12	2.090,50
1990	131,20	273,40	50	31	12	17	2.228,40
1991	63,90	144,80	54	24	2	15	1.584,70
1992	100,90	157,00	44	23	3	23	1.630,10
1993	95,60	141,20	30	16	4	10	1.149,90
1994	133,00	206,30	74	41	14	12	2.721,30
1995	141,40	277,20	50	29	5	14	1.695,30
1996	186,00	275,60	51	29	11	20	2.350,70
1997	99,60	171,20	44	19	6	9	1.577,50
1998	116,00	148,90	32	14	4	6	1.270,10
1999	61,40	83,40	31	13	2	7	1.017,30
2000	168,20	233,70	66	30	11	11	2.447,20
2001	56,80	112,50	38	14	1	10	1.178,50
2002	89,40	200,10	59	30	9	8	2.003,10
2003	103,40	272,60	57	32	9	8	2.108,40
2004	116,70	167,90	60	34	8	10	2.229,60
2005	129,80	221,30	51	31	8	19	1.940,70
2006	51,00	107,50	43	13	1	7	1.178,30
2007	105,40	193,20	59	30	6	11	2.003,90
2008	139,20	194,80	53	33	10	10	2.254,50
2009	146,60	229,40	58	29	13	13	2.544,50

Tabela 2 - Índices Pluviométricos para o período histórico considerado (Continuação)

Ano	Índices Pluviométricos						
	Rx1day (mm)	Rx5day (mm)	R10mm	R20mm	R50mm	CWD	PRCPTOT (mm)
2010	43,00	142,40	45	20	NA	8	1.321,00
2011	165,00	236,20	60	36	13	9	2.414,00
2012	151,60	227,90	36	16	9	9	1.668,60
2013	158,60	237,80	56	27	9	8	2.174,10
2014	75,50	154,80	41	20	5	8	1.508,10
2015	94,20	197,30	43	27	7	9	1.646,70
2016	147,40	323,80	34	22	5	7	1.569,20
2017	140,40	209,50	51	27	9	21	2.071,00
2018	106,20	143,00	39	24	4	8	1.554,50
2019	182,40	473,80	50	30	10	8	2.135,40
2020	138,60	194,20	63	35	9	12	2.059,50
2021	189,00	309,40	46	20	8	14	1.842,00
2022	122,60	305,00	62	37	14	11	2.629,90
2023	177,60	292,00	57	34	8	15	2.161,80
2024	109,00	196,80	45	27	3	6	1.628,60

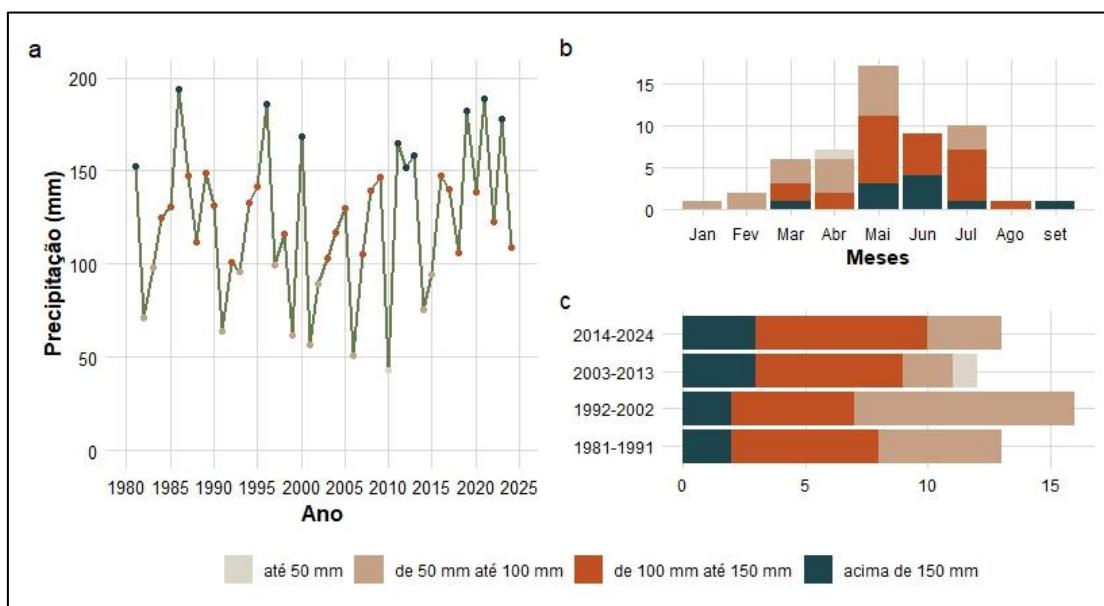


Figura 2 - Rx1day entre 1981-2024. (a) observações ao longo dos anos, (b) número de ocorrência por meses, (c) número de ocorrências por período de 10 anos

Com relação ao volume de chuvas em cinco dias consecutivos, ele pode ser superior até três vezes o Rx1day para o mesmo ano. Os valores, nesse caso, são superiores a 300 mm (figura 2). Os anos que registraram os maiores índices foram: 2019 e 1989 com 474 mm e 336 mm respectivamente.

Na figura 2b é possível observar que houve um aumento considerável de volumes superiores a 300 mm no período de 2014-2024. Foram 4 ocorrências: 2016 (324 mm), 2019 (474 mm), 2021 (309 mm) e 2022 (305 mm).

Tanto o Rx1day e Rx5day mostram o aumento da intensidade pluviométrica com um aumento progressivo ao longo do tempo.

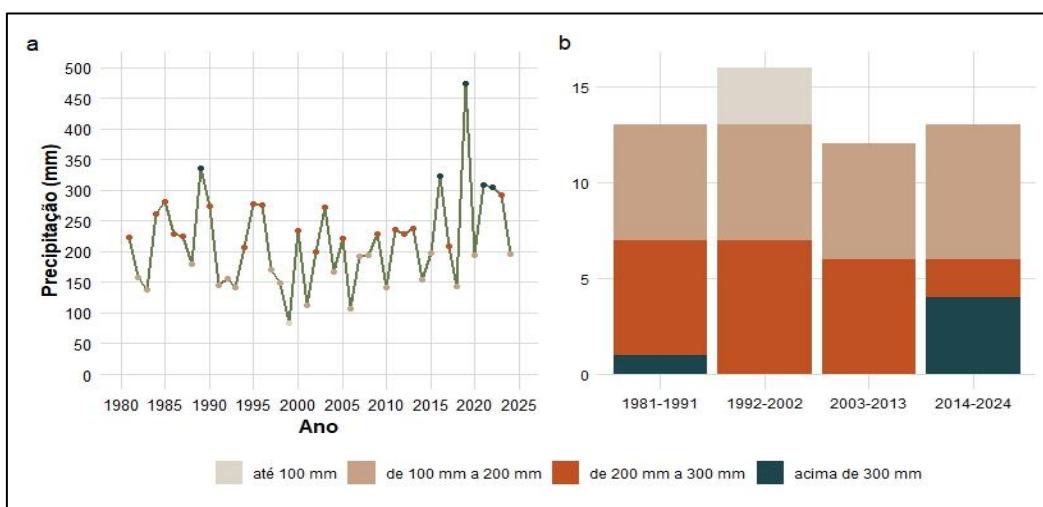


Figura 3 - Rx5day entre 1981-2024. (a) Rx5day ao longo dos anos e (b) número de ocorrências por período de 10 anos

4.2 CWD e Rnnmm

Com relação a quantidade de dias úmidos consecutivos (CWD), a média foi de 11 dias para o período analisado, apresentando um máximo de 23 dias em 1992 e um mínimo de 6 dias em 1981, 1998 e 2024.

Analizando o gráfico da figura 3, há um sensível aumento de dias úmidos consecutivos, contudo para grande maioria dos anos (72,72%), o máximo de dias consecutivos úmidos foi de 12 dias. Isso está visualizado na figura 3a.

Para o índice R10mm, o período de 1981-2024 apresentou uma média de 50 dias com um volume precipitado de no mínimo 10 mm. Todavia a amplitude total seja de 44 dias, há uma concentração de valores entre 50 e 60 dias (43,18%) com chuvas de no mínimo 10 mm (figura 3b).

A figura 3b mostra que há um aumento dos eventos a partir de 2016. Nos anos de 2020 e 2022 foram registrados um total de 63 e 62 dias de chuva respectivamente.

Já para o índice R20mm há uma média de 28 dias, com uma amplitude de 34 dias, mas com uma concentração de valores entre 15 e 30 dias (52,27%). De maneira semelhante para o que acontece para o R10mm, para este índice houve um aumento na quantidade de dias nos últimos anos, embora não tenham chegado ao máximo de 47 dias, ocorrido em 1985.

Para o R50mm há uma diminuição considerável, porém compreensível, da quantidade de dias, uma vez que são eventos mais raros. A média de dias foi de apenas 7, com máxima de 20 dias e mínimo de 3. Ainda, para este índice parece haver uma diminuição desse tipo de evento. No ano de 2010 não foi registrado nenhum evento, enquanto para os anos seguintes houve uma diminuição. Maior parte dos anos concentrou-se entre 5 a 10 dias. Houve apenas um registro de mais de 15 dias com chuvas de 50 mm (1985 – 19 dias), enquanto no período de 2003 a 2013 houve maior quantidade de eventos entre 5 e 10 dias (figura 3d).

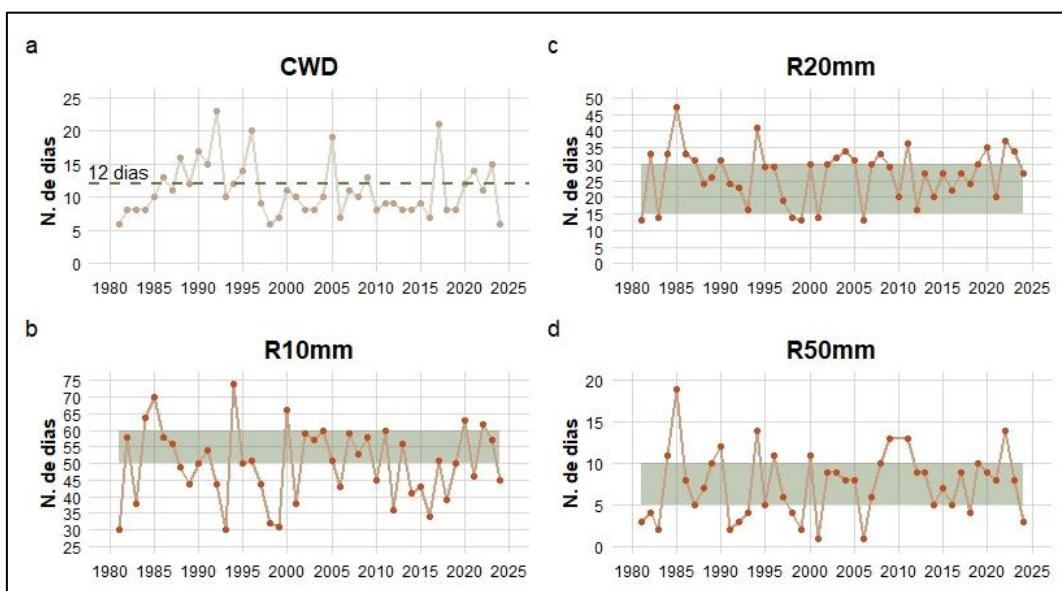


Figura 4 - Frequência e ocorrência de chuvas para o período analisado. (a) CWD, (b) R10mm, (c)R20mm, (d)R50mm

4.3 PRCPTOT

Para o período analisado, o volume total anual apresentou uma média de 1.900 mm, com amplitude de 2.069 mm. Entretanto ao se considerar uma média móvel de 10 anos (figura 4a), percebe-se que ela vai diminuindo à medida que a série temporal avança, chegando a um mínimo de 1.695 mm em 2006.

De fato, os maiores volumes anuais foram registrados entre 1981 e 1991. A máxima para esse período foi de 3.086 mm, em 1985. Nos anos subsequentes, os máximos encontrados foram: 2.721 mm (1994), 2.544 mm (2009), 2.633 mm (2022).

Os menores volumes foram registrados nos anos de 1999, 1993, 2001 e 2006 com 1.017 mm, 1.150 mm, 1.178 e 1.178 mm respectivamente. Interessante notar que embora haja uma percepção para a diminuição dos volumes anuais, a partir de 2003 os totais anuais se apresentam majoritariamente na faixa de 2.000 a 2.500 mm (figura 4b). Isso pode ser percebido a partir da média móvel, praticamente constante a partir de 2009. (figura 4a).

Ao analisar a participação da quadra chuvosa (abril, maio, junho e julho) na composição do total anual, percebe-se que é comum representar mais de 50% desse total (figura 4c). Inclusive nos anos de 1989, 1994 e 1995 esse valor foram bem superiores à média, de 80,6%, 75,2%, 81,5% respectivamente.

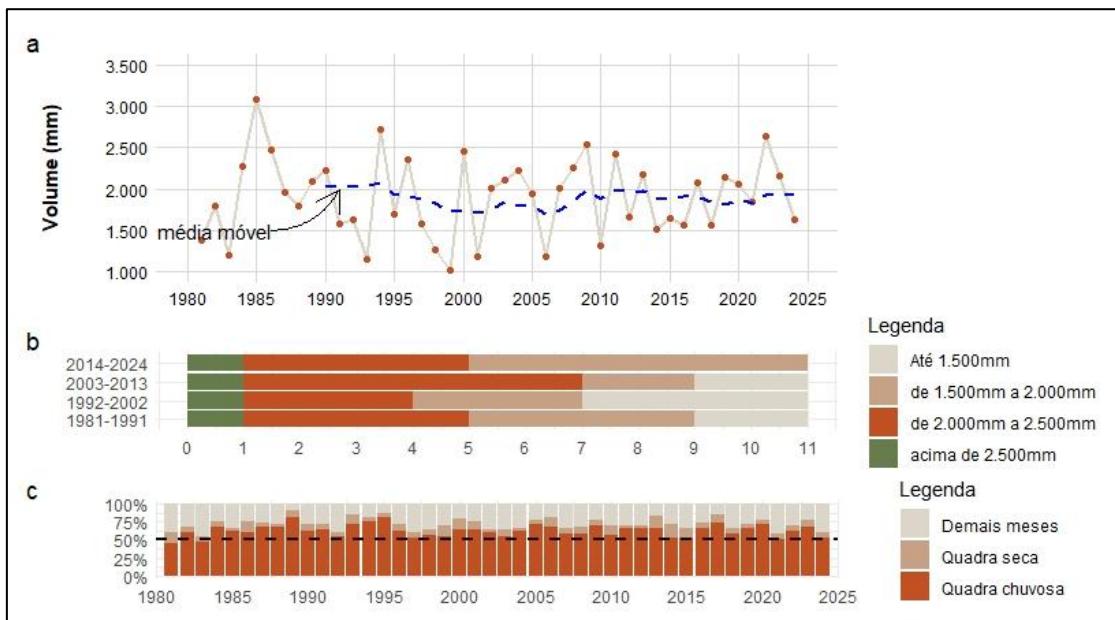


Figura 5 - PRCPTOT entre os anos 1981-2024. (a) Variação ao longo do período, (b) distribuição para o grupo de valores e período de 10 anos, (c) participação da quadra chuvosa no total pluviométrico

Da análise do conjunto de índices, pode-se dizer que as chuvas no município de João Pessoa têm ficado mais intensa, com eventos raros cada vez mais frequentes. Embora haja uma diminuição do volume total anual, esse tem se concentrado mais nos meses pertencentes a quadra chuvosa. Analisando em conjunto as figuras 1, 2 e 4 de que nesses meses haja uma maior ocorrência de eventos extremos de chuva para o município em pouco dias

Os gráficos da figura 3 indicam um aumento para a quantidade de dias úmidos consecutivos e para eventos de chuvas de 10 e 20 mm, mas sem alteração para eventos de 50 mm. Ou seja, se essa tendência continuar, João Pessoa deve enfrentar chuvas com volumes que devem variar entre 10 e 50 mm em um único dia com maior frequência.

5 CONCLUSÃO

As análises dos índices feitos mostram que o município de João Pessoa deve sofrer com eventos extremos de chuva mais frequente, sem haver alteração no volume de chuvas total anual. O principal gargalo para o sistema de drenagem deverá ser para aqueles períodos com chuvas consecutivas de 10 a 50 mm ao longo do dia.

A quadra chuvosa ainda será os meses com maior número de chuvas e com chuvas mais intensas e volumosas, tendo maio como o mês mais chuvoso.

Esses pontos demonstram a necessidade do município em incrementar e ampliar o seu sistema de drenagem, mas também em aumentar a frequência de manutenção da rede principalmente nos meses mais chuvosos.

REFERENCIAS

- Becker, C. T., & Bandeira, M. M. (2025). *Atlas Pluviométrico da Paraíba 1994-2023* (1st ed., Vol. 1).
- Booking.com. (2024). *Travel Articles*. Travel Reinvented: Booking.Com's 2025 Travel Predictions. <https://www.booking.com/articles/travelpredictions2025.en-gb.html>
- Brasil. (2023). *Projeto MAPBIOMAS - Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil*. <https://mapbiomas.org/estatisticas>
- CRED - Center for Research on the Epidemiology of Disasters. (2023). *2022 Disasters in Numbers*. <https://www.cred.be/publications>
- Fátima, M. de, & Cabral, J. J. da S. (2013). Impacto na Saúde por Deficiência de Drenagem Urbana no Município de Jucurutu-RN. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 18, 181–191. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v18n3.p181-191>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022, December 16). *SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática*. Produto Interno Bruto Dos Municípios Série Histórica 2002 - 2020. <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5938>
- Machado, M. L., Nascimento, N., Baptista, M., Gonçalves, M., Silva, A., Costa De Lima, J., Dias, R., Silva, A., Machado, É., & Fernandes, W. (2005). Curvas de danos de inundação versus profundidade de submersão: desenvolvimento de metodologia. *Revista de Gestão de Água de América Latina*, 2(1), 35–52.
- Ministério das Cidades. (2024). *Sistema de Informações Sobre Saneamento - SNIS Serie Histórica*. SNIS - Serie Histórica. <https://app4.cidados.gov.br/serieHistorica/#>
- Prefeitura Municipal de João Pessoa. (2024). *Buscador de Viagens aponta crescimento na procura de turistas estrangeiros por João Pessoa em 2024*. Prefeitura Municipal de João Pessoa. https://www.joaopessoa.pb.gov.br/setur-3/buscador-de-viagens-aponta-crescimento-na-procura-de-turistas-estrangeiros-por-joao-pessoa-em-2024/?utm_source=chatgpt.com
- Souza, R. F. de, & Nascimento, S. L. do. (2017). Doenças e Agravos no Contexto das Grandes Inundações Graduais no Estado do Amazonas - Brasil. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e Da Saúde*, 13(26). <https://doi.org/10.14393/hygeia132611>
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T., Miller, E., Bache, S., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Zeileis, A., & Grothendieck, G. (2005). Infrastructure for Regular and Irregular Time Series. *Journal of Statistical Software*, 14(6). <https://doi.org/10.18637/jss.v014.i06>
- Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G. C., Jones, P., Tank, A. K., Peterson, T. C., Trewin, B., & Zwiers, F. W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. In *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* (Vol. 2, Issue 6, pp. 851–870). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/wcc.147>