

A VULNERABILIDADE CLIMÁTICA DE JOÃO PESSOA: IMPACTOS DOS ASPECTOS FÍSICOS NA RESILIÊNCIA URBANA

Ronald Alexandre Costa¹

INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade climática é um termo concernente à propensão de um sistema a ser afetado negativamente por meio de alterações (fenômenos climáticos) oriundos da dinâmica atmosférica que compõe o clima, a saber: aumento da temperatura, precipitações extremas, aumento do nível do mar, frio e calor intensos. Essa predisposição, conforme afirmam Li *et al.* (2016), está relacionada às características do meio físico e biótico (declividade, altitude, temperatura, aridez, vegetação, solo), à exposição a fontes de pressão ambiental (densidade populacional, uso da terra) e à ocorrência de impactos ambientais (erosão hídrica). Em uma visão holística, tais fenômenos climáticos possuem a capacidade de impactar adversamente tanto ambientes naturais quanto humanos, aumentando a vulnerabilidade de ambos.

De acordo com Paz *et al.* (2022), as definições de vulnerabilidade, usualmente, atrelam esse conceito a um ou mais dos seguintes fatores: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa ou de resposta do sistema. A exposição, ou susceptibilidade, significa o grau, duração ou extensão em que o sistema está em contato com perturbações. A sensibilidade está relacionada à extensão ou ao grau em que um sistema pode absorver as pressões sem sofrer alterações a longo prazo. A capacidade adaptativa é a habilidade do sistema de se ajustar a um dano ocorrido, fazer uso de recursos ou oportunidades ou responder a mudanças ambientais que venham a ocorrer. Nesse contexto, um sistema é mais vulnerável quanto maiores as pressões, maior a sensibilidade do meio e menor sua capacidade adaptativa.

Essa perspectiva pauta-se nos princípios da Teoria Geral dos Sistemas, que fundamenta os pilares do campo de ação da Geografia Física, os chamados Geossistemas, no qual, tudo que influencia é também influenciado. Para Christofolletti (2002), os Geossistemas, também designados como sistemas ambientais físicos, representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e

¹ Graduado em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB, ronald.violinista@hotmail.com.

biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, hidrografia, vegetação, animais, solos). Nesta perspectiva também prevalece a relevância antropogênica, pois tais organizações espaciais constituem sempre o ambiente para a sobrevivência, desenvolvimento e crescimento das sociedades humanas, portanto, ambos se influenciam, constituindo-se como um todo sistêmico. Sob essa ótica, constata-se a relevância dos estudos integrados entre os elementos físicos e socioespaciais que, conforme ressalta Christofolletti (2002), devem envolver e englobar a complexidade ambiental e a concepção holística.

Em estudos de vulnerabilidade às mudanças climáticas globais, por exemplo, os sistemas climáticos e os processos socioeconômicos estão interligados, de modo que mudanças em um deles desencadeiam efeitos significativos nos diferentes componentes que constituem as atividades humanas e os sistemas ambientais, o que expande o grau de vulnerabilidade em centros urbanos, segundo afirma o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022). Acerca disso, afirmam Paz *et al.* (2022) que, fisicamente, as cidades brasileiras podem ser consideradas produtoras de vulnerabilidade às mudanças climáticas na medida em que adensam um grande contingente populacional exposto ao risco climático, sem que os serviços públicos e governos provenham adequadamente tais espaços, sendo palco de intensas modificações ambientais associadas à urbanização.

Para geógrafos como Milton Santos (1993) e Ana Fani Carlos (2001), o processo de urbanização no Brasil possui caráter singular, sendo marcado pela aceleração e pelo ritmo intenso, além de ser produto da lógica especulativa, que resultou em vazios urbanos, concentração de áreas nobres em meio à pobreza e na ocupação de sítios urbanos indevidos, que se tornaram áreas de riscos e vulnerabilidades socioambientais. Essa rápida urbanização gera pressão sobre a terra e os serviços, levando muitas vezes a população menos abastada a ocupar áreas propensas a perigos e riscos de desastres, tais como planícies costeiras, planícies de inundação ou em áreas instáveis e íngremes (CABRAL & CÂNDIDO, 2019). A exemplo disso, temos o recente caso das inundações no Rio Grande do Sul, que ocorreram entre o final de abril e início de maio de 2024, considerada a maior catástrofe climática da história do estado, afetando não apenas a área central da capital gaúcha, mas também cidades inseridas na planície de inundação do rio Guaíba.

Ante à esse contexto supracitado, e na busca por soluções para mitigação e erradicação desses impactos sobre a população e os centros urbanos, surge o conceito de

Cidades Resilientes, cujo propósito pauta-se na premissa de que as cidades devem proporcionar às suas infraestruturas a capacidade de absorção e recuperação (acelerada) diante de qualquer tipo de impacto ou estresse que possa vir a acometê-la. Para Domingues & Chirolí (2022), construir essa capacidade de resiliência urbana exige, antes de tudo, que os riscos sejam identificados e avaliados, de maneira a reduzir a vulnerabilidade e a exposição da cidade em relação a eles, aumentando a resistência, a capacidade de adaptação e ação mediante emergência, que diferente de outros momentos históricos da humanidade, essa adaptação (resiliência urbana) que está sendo demandada agora tem relação com a emergência climática.

Além dos dados socioeconômicos locais que podem subsidiar os tomadores de decisão a tomar medidas de adaptação climática, existem também importantes dados ambientais que explicam a ocorrência de determinados fenômenos climáticos que acometem muitos centros urbanos (como alagamentos e inundações) e podem servir como instrumentos para a obtenção de cenários futuros, auxiliando a gestão pública na construção de uma maior resiliência. Sob tal perspectiva, este estudo teve como objetivo analisar a propensão do município de João Pessoa quanto a sua vulnerabilidade ante às mudanças climáticas, mediante o levantamento de seus aspectos físicos, destacando-se a declividade, topografia e padrões pluviométricos.

METODOLOGIA

O procedimento metodológico adotado neste estudo compreendeu dois momentos distintos, sendo eles: a) Levantamento de dados geoespaciais do município concernentes aos seus aspectos físicos para manipulação em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica); e, b) Levantamento e Análise de dados pluviométricos.

a) Levantamento de dados geoespaciais

Como ponto de partida, inicialmente obteve-se informações geoespaciais, mediante consulta a sites governamentais como IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Filipeia e NASA (*National Aeronautics and Space Administration*, em português: Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço), que fornecem acesso gratuito a dados acerca da topografia, declividade e curvas de nível do município de João Pessoa. Esses dados foram manipulados em *software* QGis (Quantum GIS), cujo propósito foi a aquisição de produtos cartográficos, como mapas de topografia, declividade e curvas de nível. Por conseguinte, obteve-se dois mapas para a análise: o

Mapa de Declividade e o Mapa de Hipsometria. Ambos servindo como base para identificar áreas de baixa altitude, verificando possíveis elevações e declividade do terreno que propiciam vulnerabilidade para alagamentos e inundações na cidade em estudo.

b) Análise dos padrões pluviométricos

Posteriormente a análise dos mapas supracitados, realizou-se a coleta e análise de dados dos padrões pluviométricos históricos da cidade para estabelecer relações entre as áreas propensas a alagamentos e inundações com os índices pluviométricos. Essa análise foi realizada com base nos dados coletados no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), através da Normal Climatológica (1991-2020). Os dados adquiridos foram organizados em tabelas no *software* Excel e convertidos em gráficos de barras para uma melhor representação visual dos dados, facilitando assim, a análise pretendida dos padrões pluviométricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o propósito de identificação de áreas mais propensas aos processos de alagamento e inundação, obteve-se por intermédio de dados geoespaciais adquiridos em sites governamentais como IBGE, Filipeia e NASA, dois produtos cartográficos que frequentemente são utilizados como suporte para análises de aspectos físicos da paisagem, foram eles: o Mapa Hipsométrico e o Mapa de Declividade. Ambos os mapas foram elaborados a partir de imagens SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* (em português: Missão Topográfica Radar Shuttle), posteriormente, trabalhadas em *software* QGis. Para o Mapa Hipsométrico (Figura 1), que representa a altimetria da área de estudo, foram geradas curvas de nível equidistantes 10 metros, totalizando 15 classes altimétricas. Como cota mais baixa, o território municipal de João Pessoa apresentou valores correspondentes a 50 metros. Já como cota mais alta, apresentou valores de 120 metros.

Através dos resultados obtidos, observou-se que na área de estudo há o predomínio de áreas com nível altimétrico equivalente a 90-100 metros acima do nível do mar (em amarelo), consideravelmente baixo se comparado a outras áreas topográficas do estado da Paraíba. O segundo nível altimétrico mais evidente representa altitudes entre 70-80 metros (em verde-claro), caracterizadas pelos vales e planícies

fluviomarinhas. O terceiro nível altimétrico mais evidente corresponde a valores entre 110-120 metros (em laranja), representando os chamados Tabuleiros Costeiros.

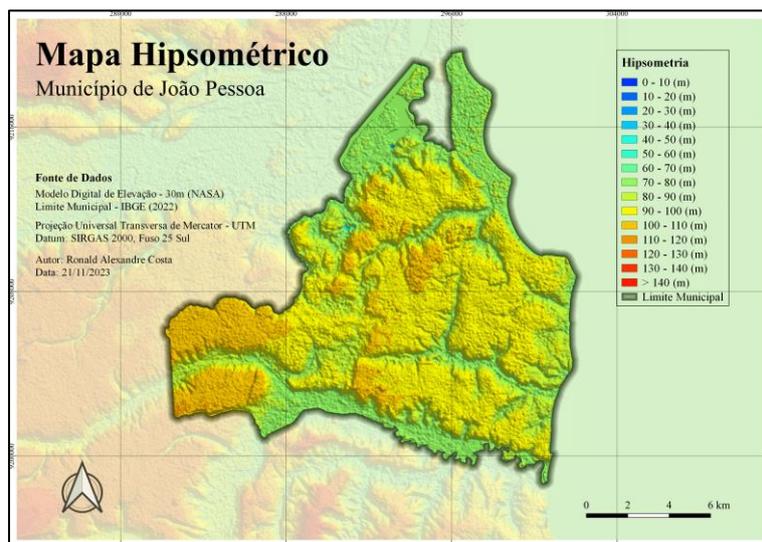


Figura 1: Mapa Hipsométrico do município de João Pessoa. Elaborado pelo Autor (2023).

Conforme a análise da figura acima, considera-se que os aspectos topográficos do município de João Pessoa apresentam como principal característica áreas planas de baixa altitude. Para constatar este fato, utilizou-se o Mapa de Declividade, conforme figura abaixo.



Figura 2: Mapa de Declividade do município de João Pessoa. Elaborado pelo Autor (2023).

Para o Mapa de Declividade acima, foram geradas seis classes de declividade, divididas em Plano, Suave Ondulado, Ondulado, Forte Ondulado, Montanhoso e Escarpado, segundo classificação da EMBRAPA (1979). Como resultado, observou-se a abrangência de relevos do tipo Plano (0% a 3%) e Suave Ondulado (3% a 8%) em quase todo o território do município de João Pessoa, o que demonstra o predomínio de áreas com relevo plano e de baixa declividade. Observou-se também que o relevo do tipo Ondulado (8% a 20%) apresenta-se como o segundo maior predomínio no município e concentra-se em áreas circundantes à vales (conforme Mapa Hipsométrico acima), possivelmente escavados por rios, correspondendo às áreas de maior declividade do município.

Mediante a análise dos mapas de Hipsometria e Declividade supracitados, constata-se que os aspectos relativos à topografia do município de João Pessoa correspondem à predominância de áreas planas de baixa declividade. De acordo com Xavier e Monteiro (2023), áreas de baixa declividade são mais propensas aos alagamentos e inundações, pois a água não tem uma inclinação natural para escoar, acumulando-se em áreas mais baixas. Esse problema pode ser agravado pela urbanização, pois a impermeabilização do solo a partir do asfaltamento, construções de edifícios e outras estruturas podem dificultar a infiltração da água no solo, fomentando o escoamento superficial.

Após os resultados obtidos neste primeiro momento, conclui-se que a zona urbana do município de João Pessoa apresenta um grande número de áreas propensas a alagamentos, inundações e enchentes, principalmente devido aos seus aspectos topográficos naturais, que apresentam domínio de relevo plano de baixa altitude. Esses aspectos dificultam o funcionamento do sistema de drenagem, causando-lhe deficiência. Arelado a isso, encontram-se os grandes volumes de chuvas que contribuem para o aparecimento frequente de alagamentos, inundações e enchentes. Para compreender melhor essa relação, realizou-se a análise dos padrões pluviométricos históricos do município em estudo.

De acordo com os valores médios mensais da precipitação obtidos no site do INMET correspondentes à Normal Climatológica (1991-2020) para o município de João Pessoa (Figura 3), observa-se que as chuvas concentram-se nos meses de abril a julho, tendo junho como o mês em que advêm os mais elevados índices pluviométricos. Esse período é caracterizado como a estação chuvosa do município, concentrando as estações de outono e inverno, conforme afirmam Francisco & Santos (2017).

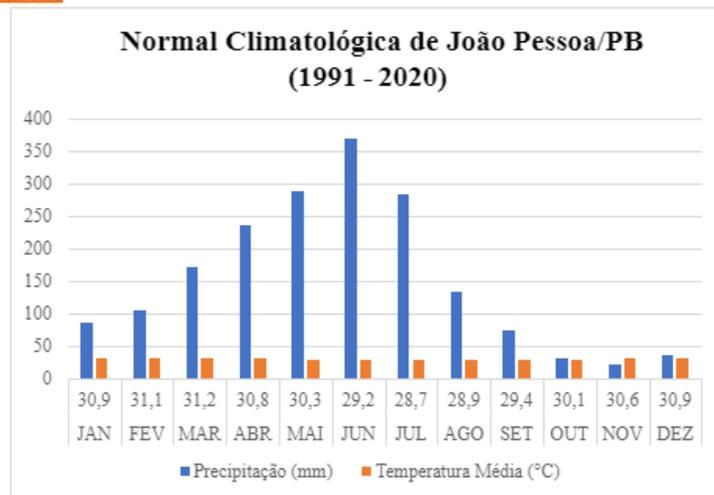


Figura 3: Gráfico da Normal Climatológica do município de João Pessoa. Autor (2023)

Com base nos dados apresentados, conclui-se que os períodos com os maiores volumes de chuva estão concentrados nos meses de maio, junho e julho, conforme explanados acima. Arelado a esses elevados índices pluviométricos, encontram-se diversas ocorrências envolvendo problemas de alagamentos e inundações na cidade de João Pessoa, além de registros de enchentes históricas ocorridas nesses períodos mensais (SILVA, 2014; COSTA, 2023). Ainda, de acordo com os autores, as enchentes históricas, bem como os alagamentos e inundações ocorridas no município de João Pessoa foram ocasionadas por precipitações diárias intensas, muito provavelmente ligadas aos eventos climáticos extremos que estão cada vez mais frequentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por intermédio da análise realizada, pôde-se constatar que o município de João Pessoa apresenta um grau significativo de vulnerabilidade ante às mudanças climáticas, principalmente no que tange aos processos de alagamentos e inundações que, além de estarem vinculados aos meses com maiores volumes pluviométricos, decorrem também da relação destes com a geomorfologia favorável ao acúmulo de águas pluviais e a baixa declividade territorial do município que dificulta o escoamento superficial.

De posse dessas informações, cabe a gestão pública municipal pensar a cidade de forma holística e integrada, tendo em vista que os aspectos ambientais e urbanos são interligados, podendo refletir um espaço urbano menos vulnerável e mais resiliente frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas, a depender da concepção que forem considerados.

Palavras-chave: Vulnerabilidade Climática; Aspectos Físicos, Resiliência Urbana.

REFERÊNCIAS

- CABRAL, L. D. N., & CÂNDIDO, G. A. (2019). *Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. urbe*. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 11. Acesso em: 10 jul. 2023;
- CARLOS, Ana Fani. *Espaço-tempo na metrópole*. São Paulo: Contexto, 2001;
- CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgar Blücher, 2002;
- COSTA, R. A. *Jardins de Chuva - Soluções baseadas na Natureza para a Drenagem Urbana do município de João Pessoa/PB*. 2023. 116 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Tecnologia em Gestão Ambiental - Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, 2023;
- DOMINGUES, T. N.; CHIROLI, D. M. G. *Cidades Resilientes: Um modelo de ações inovadoras voltado à eventos hidrológicos*. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, [S. l.], v. 11, p. 104–123, 2022. Acesso em: 12 jul. 2023;
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)*. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p;
- FRANCISCO, P. R.; SANTOS, D. *Climatologia do estado da Paraíba*. Campina Grande: EDUFPG, 2017. 75 p.;
- IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2022: *Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. PÖRTNER, H. et al. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2022;
- LI, A.; WANG, A.; LIANG, S.; ZHOU, W. *Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – a case study in the upper reaches of Minjiang River, China*. Ecological Modeling, v. 192, p. 175–187, 2016;
- PAZ, M. G. A.; MENEZES, J. A.; BRANCO, E. A.; MAGLIO, I. V. *Vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas em cidade brasileiras*. In: *Construindo sustentabilidade em contextos urbanos*. São Paulo: Blucher, 2022. p. 27-54;
- SANTOS, Milton. *A urbanização brasileira*. São Paulo: HUCITEC, 1993;
- SILVA, N. T. *Precipitações diárias intensas na cidade de João Pessoa, Paraíba*. João Pessoa, 2014. 69 p.;
- XAVIER, L. F.; MONTEIRO, J. B. *Análise espacial da ocorrência de alagamentos e inundações na área urbana do município de Maracanaú-CE*. Revista GeoUECE, [S. l.], v. 12, n. 22, 2023. Acesso em: 11 set. 2023;
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 set. 2023;
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil (1991-2020). Brasília/DF: INMET, 2023;
- FILIPEIA. Disponível em: <https://filipeia.joaopessoa.pb.gov.br/html>. Acesso em: 10 set. 2023;
- NASA. Disponível em: <https://www.nasa.gov/html>. Acesso em: 25 out. 2023.