

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

Ronald Alexandre Costa<sup>1</sup>

## **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

---

<sup>1</sup> Graduado em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB, [ronald.violinista@hotmail.com](mailto: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*

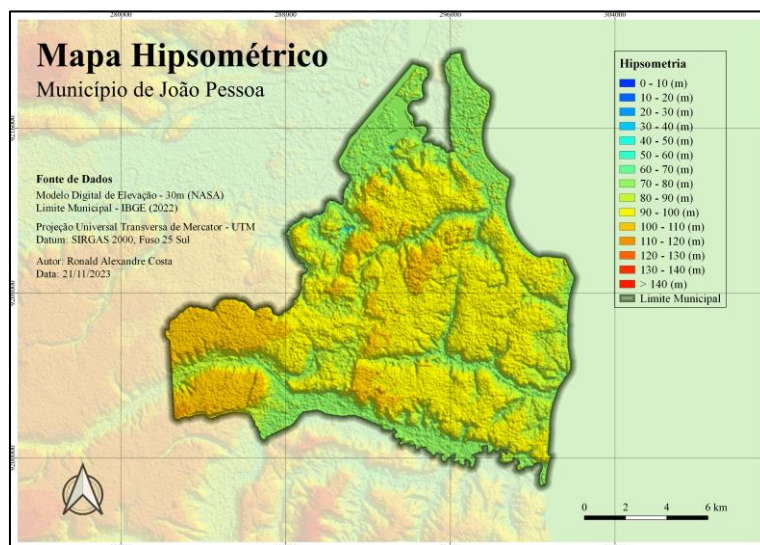
Posteriormente a análise dos mapas supracitados, realizou-se a coleta e análise de dados dos padrões pluviométricos históricos da cidade para estabelecer relações entre as áreas propensas a alagamentos e inundações com os índices pluviométricos. Essa análise foi realizada com base nos dados coletados 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.

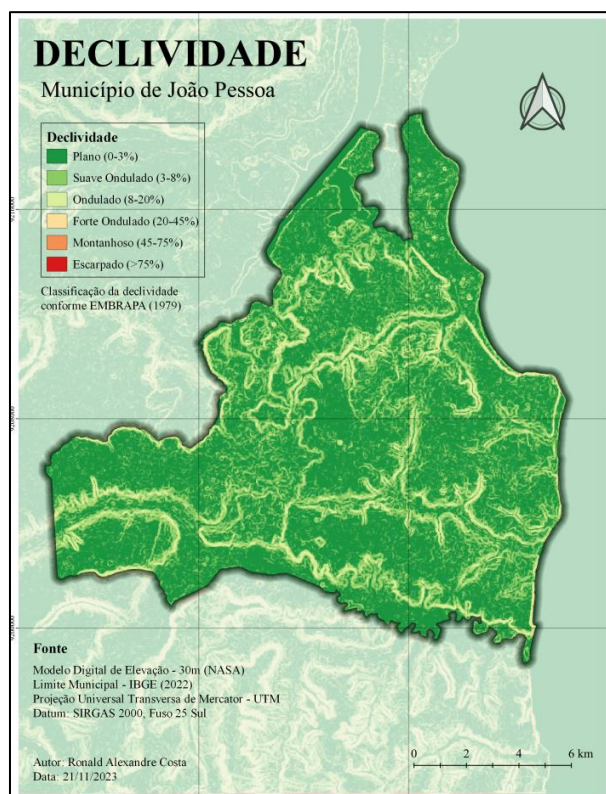
Através dos resultados obtidos, observou-se que na área de estudo há o predomínio de áreas com nível altimétrico equivalente a 90-100 metros acima do nível do mar (em amarelo), consideravelmente baixo se comparado a outras áreas topográficas do estado da Paraíba. O segundo nível altimétrico mais evidente 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).

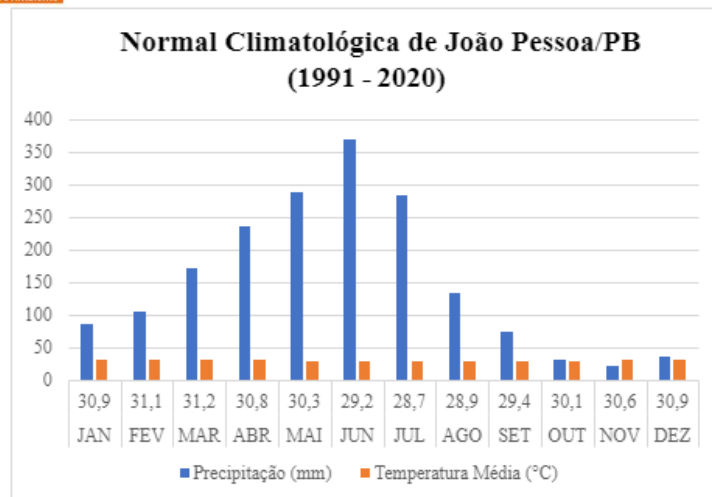


Para o Mapa de Declividade acima, foram geradas seis classes de declividade, divididas em Plano, Suave Ondulado, Ondulado, Forte Ondulado, Montanhoso e Escarpado, segundo classificação da EMBRAPA (1979). Como resultado, observou-se a abrangência de relevos do tipo Plano (0% a 3%) e Suave Ondulado (3% 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: EDUEFCG, 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.