

## MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESASTRES AMBIENTAIS: UMA ANÁLISE DE PETRÓPOLIS-RJ NA PERSPECTIVA DA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

MARCOS PAULO MACHADO<sup>1</sup>; LAVÍNIA DOS SANTOS SOUZA<sup>2</sup>; DÉBORA DE SOUZA SIMÕES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – marcos.machado@ufpel.edu.br*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – santoslavinias69099@outlook.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – debora.simoes@ufpel.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

Mudanças climáticas compreendem as transformações nos padrões do clima, verificadas por meios estatísticos no período superior à uma década (PERES; NEVES; TADDEI, 2020). Os principais fatores associados são as atividades humanas (poluição, emissão de gases poluentes e degradação ambiental) devido ao modo de organização da sociedade.

As sociedades contemporâneas apresentam um forte processo de urbanização. Apesar dos avanços tecnológicos e científicos, e também da sofisticação das cidades, as condições de vida da população urbana ainda apresentam diversos problemas, principalmente, disparidades socioeconômicas e problemas ambientais crescentes nos espaços urbanos (ASSUMPÇÃO, 2015).

A intensa urbanização e formação de metrópoles em diversos países, incluindo o Brasil, resultam em uma série de problemas ambientais e climáticos: alta geração de resíduos sólidos, elevado número de veículos, formação de ilhas de calor, redução de áreas verdes, impermeabilização do solo, poluição do ar e da água, modificação dos cursos d'água etc. (SILVA et al. 2014).

Eventos climáticos comuns para determinada região, poderão ocorrer com maior frequência e intensidade, como resultado de mudanças climáticas (IPCC AR6, 2021). Como exemplo, cita-se o ocorrido na cidade de Petrópolis, Rio de Janeiro, em que nos meses de fevereiro e março de 2022 foram registrados episódios de chuva extrema, resultando em desastres, principalmente deslizamentos de terra e inundações.

Assim, o objetivo deste trabalho é analisar o evento de chuva extrema em Petrópolis - RJ, ocorrido no dia 15 de fevereiro de 2022, identificando ações da Engenharia Ambiental e Sanitária capazes de evitar novas tragédias ou reduzir os impactos, diante da possível relação entre o evento e as mudanças climáticas.

### 2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo do evento de chuva extrema ocorrido no município de Petrópolis/RJ, no dia 15 de fevereiro de 2022, apoiado em uma revisão bibliográfica acerca do histórico de eventos semelhantes e fatores que levaram a ocorrência, desenvolvido na disciplina de Climatologia e Meteorologia.

Realizou-se uma análise dos impactos causados pela precipitação pluviométrica, com ênfase nas enchentes, apontando relações entre os fatores agravantes e as ações que podem ser desenvolvidas por Engenheiros Ambientais e Sanitaristas para reduzir os efeitos e evitar novas tragédias, pois, tal evento poderá se repetir diante das mudanças climáticas em curso.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em fevereiro de 2022 foram observadas anomalias positivas de precipitação, com valores máximos na faixa central do Brasil, entre o oeste do Mato Grosso e o litoral do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. O principal fator que o ocasionou foi a atuação de dois episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), um em cada quinzena do mês, com destaque ao episódio da primeira quinzena com chuvas expressivas sobre MG, RJ e ES (CPTEC; INMET; FUNCEME, 2022). A combinação dos sistemas atmosféricos atuantes - ZCAS e frente fria - e as características geográficas da região serrana do Rio de Janeiro proporcionou o cenário adequado para a formação de nuvens de chuvas intensas.

As condições geográficas da região Sudeste do país favorecem grandes diferenciações climáticas que facilitam a ocorrência de chuvas abundantes e concentradas, principalmente no verão. Porém, no decorrer dos últimos anos observa-se com maior frequência, a ocorrência de um alto volume acumulado de chuva em um curto período de tempo causando diversos impactos negativos à cidade e à população (ANDRADE; PINHEIRO; DOLIF NETO, 2015).

Segundo dados da Secretaria de Defesa Civil de Petrópolis, os volumes precipitados resultaram em 6,7 mil ocorrências de casos de deslizamentos, 861 pessoas tiveram suas casas afetadas, além de 234 óbitos em decorrência das chuvas (PREFEITURA MUNICIPAL DE PETRÓPOLIS, 2022).

Diante dos impactos de eventos climáticos extremos, cada vez mais frequentes, a infraestrutura das cidades necessita estar preparada para que os efeitos não sejam tão prejudiciais, considerando outros fatores paralelos como histórico de chuvas, urbanização desordenada e inadequada ocupação do solo.

Em relação às questões infraestruturais de Petrópolis, inicialmente a expansão urbana do município foi regulada pelo plano urbanístico elaborado em 1846 pelo major e engenheiro Júlio Frederico Koeler, que tinha como objetivo manter o equilíbrio entre o crescimento da cidade e a preservação do meio ambiente. Esse código de obras não permitia, por exemplo, ocupar os topos de morros e áreas declivosas, que deveriam ser mantidas com vegetação nativa. Os proprietários dos terrenos deveriam plantar espécies nativas, as calçadas deveriam ser em alvenaria ou pedras que permitissem a infiltração de água no solo e cada terreno deveria ter muros sólidos para conter deslizamentos de terra. Porém, com o tempo estas regras elaboradas foram desprezadas, a expansão urbana ocorreu para além do que previa o planejamento inicial e houve casos de grandes áreas desmatadas para darem lugar a culturas agrícolas, pastagens e ocupação imobiliária (SILVA et al, 2015).

Segundo HUFFNER et al (2013) quando uma determinada região começa a ser urbanizada, é comum ocorrer a impermeabilização do solo, principalmente pelo uso de asfalto impermeável nas ruas, o que impede a infiltração da água e ocasiona aumento de escoamento superficial e da velocidade de escoamento, aumentando a vazão de pico e diminuindo o tempo de concentração. Diferente do que se observa em áreas de solo coberto por vegetação, áreas verdes urbanas e ruas de calçamento, onde mesmo que possa haver acúmulo de água, ela infiltra no solo e gera um equilíbrio no ciclo das chuvas, além de oferecer menos riscos de desastres.

Diante disso, torna-se evidente que a expansão urbana para atender as necessidades da população deve levar em consideração a modificação do ambiente natural, os impactos gerados ao meio ambiente e ao clima, bem como

os efeitos que podem resultar negativamente na própria cidade, evidenciando o papel da Engenharia Ambiental e Sanitária na garantia de um espaço equilibrado entre meio ambiente e população.

Sendo assim, o desenvolvimento urbano deve considerar algumas questões, como respeitar áreas de preservação permanentes (APP) que abrangem as margens dos rios e áreas declivosas. Isso evidencia a necessidade da realização de um estudo de impactos ambientais completo e realizado por profissionais da área ambiental antes de realizar construções e empreendimentos, a fim de diminuir os riscos de alagamentos e deslizamentos de terra.

Outra questão de extrema importância é a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU), cabendo ao município elaborar e aplicar um plano de recolhimento e disposição final de resíduos. Também, cabendo à população realizar o descarte correto dos resíduos domiciliares.

Em muitos casos pela falta de abrangência de coleta ou desconhecimento da população, os RSU acabam sendo descartados incorretamente, causando obstrução dos sistemas de drenagem e corpos hídricos. Nesse aspecto, a Engenharia Ambiental e Sanitária atua como disseminante de educação ambiental exercendo um importante papel para tratar acerca dessas temáticas, levando conhecimento à população e atuando para garantir uma gestão eficiente por parte do município.

Também, é fundamental que o sistema de drenagem de uma cidade abranja o máximo de território e seja capaz de drenar o máximo possível do volume de água.

Já em relação ao clima, as recentes pesquisas científicas não são unâimes quanto ao fato de haver relação entre os últimos episódios de precipitação extrema em Petrópolis/RJ e as mudanças climáticas (ANDRADE; PINHEIRO; DOLIF NETO, 2015; IPCC AR6, 2021; SILVA et al, 2023). Portanto, as mudanças climáticas são um fato e é fundamental a qualificada gestão do ambiente por profissionais devidamente diplomados, a fim de se garantir a segurança econômica e de vidas em situações de evidente risco de desastres.

#### 4. CONCLUSÕES

Diante do estudo realizado, conclui-se que as mudanças climáticas já são uma realidade e podem resultar em fenômenos extremos como de precipitação pluviométrica ocorrido na cidade de Petrópolis/RJ em fevereiro do ano de 2022.

Desse modo é necessário que sejam desenvolvidas ações de planejamento ambiental e de infraestrutura para que as cidades estejam preparadas para enfrentar os efeitos das mudanças climáticas e evitar novos prejuízos à população. Ainda, torna-se evidente que não é seguro para a sociedade e para a natureza, expandir áreas urbanas sem um planejamento sustentável.

Por fim, evidencia-se a importância da Engenharia Ambiental e Sanitária no desenvolvimento sustentável das cidades, levando em consideração os impactos da expansão urbana, necessidade de uma gestão eficiente de drenagem, gestão dos resíduos sólidos e manutenção de áreas verdes, bem como promover o acesso universal à esses serviços, além da importância de investir em conscientização ambiental para a população.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, K. M.; PINHEIRO, H. R.; DOLIF NETO, G. Evento extremo de chuva no Rio de Janeiro: análise sinótica, previsão numérica e comparação com eventos anteriores. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n.1, p. 175-180, 2015.

ASSUMPÇÃO, R. S. F. V. **Petrópolis - um histórico de desastres sem solução? Do Plano Köeller ao Programa Cidades Resilientes.** Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2015

CPTEC; INMET; FUNCEME. **Previsão Climática Sazonal.** Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/boletinsprog#>> Acesso em 16 jun. 2023.

HUFFNER, A; MENDES, C.A.B. Impactos Hidrológicos decorrentes da expansão urbana na bacia da Barragem Mãe D'água, Viamão-RS. In: **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves, 2013. Anais XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. v.1. p.1-8.

IPCC AR6 (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Summary for Policymakers.** In: MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU AND B. ZHOU (Eds). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021, 41 pp

PERES, A. P.; NEVES, N. C. R. F.; TADDEI, R. Atitudes e percepções de gestores ambientais da Zona Costeira de SP frente às mudanças climáticas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília - DF, v.58, n.2, p.1-14, 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PETRÓPOLIS. **Defesa Civil conclui 3,5 mil laudos de vistorias de áreas afetadas pelas chuvas de fevereiro e março.** Disponível em: <<https://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/index.php/imprensa/noticias/item/18919-defesa-civil-conclui-35-mil-laudos-de-vistorias-de-%C3%A1reas-afetadas-pelas-chuvas-de-fevereiro-e-mar%C3%A7o.html>>. Acesso em 16 jun. 2023.

SILVA, J. A. B. et al. A Urbanização no Mundo Contemporâneo e os Problemas Ambientais. **Cadernos de Graduação - Ciências Humanas e Sociais Unit**, Aracaju, v.2, n.2. p. 197-207, 2014.

SILVA, S. V. C. da . et al.. Modelagem bayesiana da precipitação máxima de Petrópolis (RJ) e Poços de Caldas (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, p. e20210342, 2023.

SILVA, T.M; CAMELLO, T.C.F; ALMEIDA, J.R. Impactos ambientais hidrológicos ocasionados pelo desflorestamento metropolitano: Petrópolis-RJ. **Revista Sustinere**, Rio de Janeiro, v.3,n.1,p. 53-64, 2015.