

# APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO (IC) NA ANÁLISE DE TENDÊNCIAS DE EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO – RJ (1998-2018)

Julia Roberta Lirio Barbos <sup>1</sup>  
Vinícius Gonçalves de França Bertho <sup>2</sup>  
Antonio Carlos da Silva Oscar Júnior <sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

A cena da cidade do Rio de Janeiro, sob ótica geográfica, pode ser descrita como de geomorfologia complexa, conferida por maciços costeiros provenientes do Ciclo Brasileiro; em rota da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) e com localização costeira em latitudes médias, conferindo grande volume de umidade sob influência de frentes frias, volume este que pode precipitar em alta energia em um dia, ou até mesmo em poucas horas. Tais características naturais do município já seriam suficientes para caracterizá-lo como área de risco natural, porém há outro fator a se somar, sendo a infraestrutura urbana - pública e privada – incipiente, não compatível com os montantes precipitados e moradias sem planejamento dispostas em encostas, com risco de deslizamento, e planícies de inundação, com risco de inundação.

Desde o início da ocupação da cidade no século XVI, já haviam episódios de impactos por eventos extremos de chuva, como indicam registros históricos (De Medeiros, 2020). Apesar destes fatores ambientais da cidade serem o quadro padrão já conhecido desde o início dessa ocupação, a malha urbana do território carioca se desenvolveu seguindo inicialmente grandes vias públicas construídas sobre aterramentos mal planejados, e, posteriormente, se estendeu e se adensou, agora ocupando e impermeabilizando encostas, e novas planícies de inundação. Com forte desigualdade de renda, que influencia na qualidade da infraestrutura privada de considerável parte da população, e falta de fiscalização pública sobre o modo de ocupação do território, que avançou e avança sobre áreas de risco natural, pode-se dizer que no Rio de Janeiro também configura o risco induzido (Mendonça; Buffon, 2021).

---

<sup>1</sup>Graduanda do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, [julialirio@hotmail.com](mailto:julialirio@hotmail.com);

<sup>2</sup>Graduando do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, [viniciusbertho.uerj@gmail.com](mailto:viniciusbertho.uerj@gmail.com);

<sup>3</sup> Professor orientador: Professor Doutor da Faculdade de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, [antonio.junior@uerj.br](mailto:antonio.junior@uerj.br).

Decorrente do apresentado cenário de constante risco histórico por eventos extremos desencadeados pelas chuvas, que se agravam nos meses de novembro a março, e são ainda potencializados pelas mudanças climáticas em curso – que aumentam a frequência e energia desses eventos –, se faz necessário o melhor entendimento da dinâmica de chuvas para mitigação do risco vigente. Por tradição e hegemonia do uso de ferramentas que tratam dados pluviométricos na escala anual ou mensal, a análise de eventos extremos se torna inviabilizada, ou, no mínimo, imprecisa quando utilizados tais formas de tratamento de dados, sendo uma barreira metodológica que dificulta o avanço nos estudos científicos para mitigação de impactos de eventos hidrogeomorfológicos extremos (Monteiro, 1969). Frente a isso, se dá a necessidade de aplicação de novas técnicas e metodologias para avaliação de dados pluviométricos em escala de detalhe, tais como as técnicas do RHTest, desenvolvido por Wang et al. (2008), e do Índice de Concentração - IC (Concentration Index - CI), desenvolvida por Martin-Vide (2004). Assim, o presente trabalho propõe a aplicação destas técnicas para análise da pluviosidade no município do Rio de Janeiro, dando atenção especial para a avaliação do perfil de concentração de chuvas em classes (mm) nos diferentes sítios da área de estudo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A problemática relativa aos dados pluviométricos se inicia antes mesmo do momento de seu tratamento, se colocando desde a própria falta de dados pela inexistência de estações em certos recortes espaciais e temporais, ou mesmo na calibragem e manuseio incorreto de estações pluviométricas ou uso incorreto de cálculos, gerando ruídos, enviesando os dados e induzindo posterior análise ao erro (Oscar-Júnior, 2019). Dessa forma, se coloca o uso do RHTest (Wang et al., 2008), pacote baseado do *software* R, o qual, de forma simplificada, consiste na aplicação de duas equações, sendo essas o teste  $t$  máximo penalizado (PMT), onde afere a diferença entre o sinal e o possível ruído, e teste  $f$  máximo penalizado (PMF), o qual calcula a variância entre um dado e outro seguinte, e acusa quando há aparente e significativo ponto de ruptura na série e assim, viés nos dados. Dentre os algoritmos contidos do *software*, há o *quantile-matching* (QM), o qual executa leve ajuste na série, a tornando ainda mais confiável. A técnica indica o descarte de séries temporais que indiquem considerável ruptura nos dados, o qual através desse parâmetro, das 33 estações do Sistema Alerta Rio, as estações do Vidigal, Jacarepaguá/Tanque e Sepetiba (sendo as estações 1, 14 e 27 respectivamente, seguindo

a identificação adotada pelo Alerta Rio) foram descartadas para a análise, assim tendo a série homogeneizada.

Uma vez a série temporal das estações pluviométricas homogeneizada, os dados foram submetidos ao cálculo do Índice de Concentração (Martin-Vide, 2004), aplicada com a ajuda do *software* Excel, possibilita a visualização dos dados pluviométricos organizados em várias categorias, como por frequência de chuvas por classe (mm), acumulados totais por classe, número de dias chuvosos total ou por classe, acumulado máximo encontrado em 24 horas na série, dentre outras possibilidades de análise menos explícitas. Porém o principal, resultado do uso de todas as funções anteriormente citadas, é o próprio Índice de Concentração, número decimal compreendido entre 0 e 1 que indica o grau de regularidade da concentração de chuva em classes (mm), sendo 0 uma chuva bem distribuída, e 1 uma chuva muito concentrada em classes em relação a toda a série temporal, indicando nesse último suscetibilidade de eventos extremos de chuva em algumas áreas indicada pela alta ou baixa concentração da chuva em classes (mm). Em suma, o Índice de Concentração se propõe a “definir a contribuição relativa (percentagem) de cada classe de precipitação diária para o volume total da precipitação e assim avaliar a contribuição dos maiores montantes diários no total” (Rampazo, 2014). Através de seu uso, a técnica se apresenta como promissora se utilizada nas análises espaciais considerando outros fatores ambientais como relevo e uso e cobertura da terra.

Tratados os dados, para elaborar o mapa, foi utilizado o *software* ArcGIS Pro. Inicialmente, foi inserido *basemap* “Imagery”, o shapefile dos municípios do Rio de Janeiro, obtido no site do IBGE, e a camada das estações meteorológicas, criada com base das localizações dos 30 postos, juntamente com os valores de Índice de Concentração. Na camada das estações meteorológicas, aplicou-se a simbologia “Graduated Colors” no campo das ICs, onde as cores variam de acordo com a quantidade. A técnica “Natural Breaks (Jenks)” foi escolhido para organizar os dados em classes de forma mais adequada, com quebras naturais. Por fim, foram definidas 4 classes para os valores entre 0,46 e 0,60, para assim visualizar possíveis indicadores ambientais que suportam os valores de IC obtidos, análise que se potencializa quando em sobreposição a mapas de suscetibilidade a deslizamento e inundação.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Junto a técnica do Índice de Concentração, que permite ampla visualização dos dados, foram contabilizados 1895 registros de chuvas de mais de 50 mm/dia, considerados eventos extremos de chuva pelo Sistema Alerta Rio - considerando que parte desses episódios são as mesmas chuvas, captadas por estações diferentes, sendo as de maior abrangência espacial -, chegando ao maior acumulado encontrado de 254 mm/dia na estação da Tijuca.

Os valores de IC obtidos variaram, de acordo com a classificação de Martin-Vide (2004), entre baixo (de até 0,50) e altos (entre 0,60 e 0,70), estando a maior parte das estações na categoria de baixo Índice de Concentração, sendo 26 estações. Para valores médios (entre 0,50 e 0,60) foram 3 estações, e de IC elevado foi do resultado de apenas uma estação, sendo a estação Barra/Itanhangá. Apesar da classificação sugerida pelo autor da técnica, o presente trabalho optou por uma classificação com mais classes, como pode ser visualizado na *Figura 1*, para maior refinamento da análise e diferenciação entre os valores de IC de cada estação.

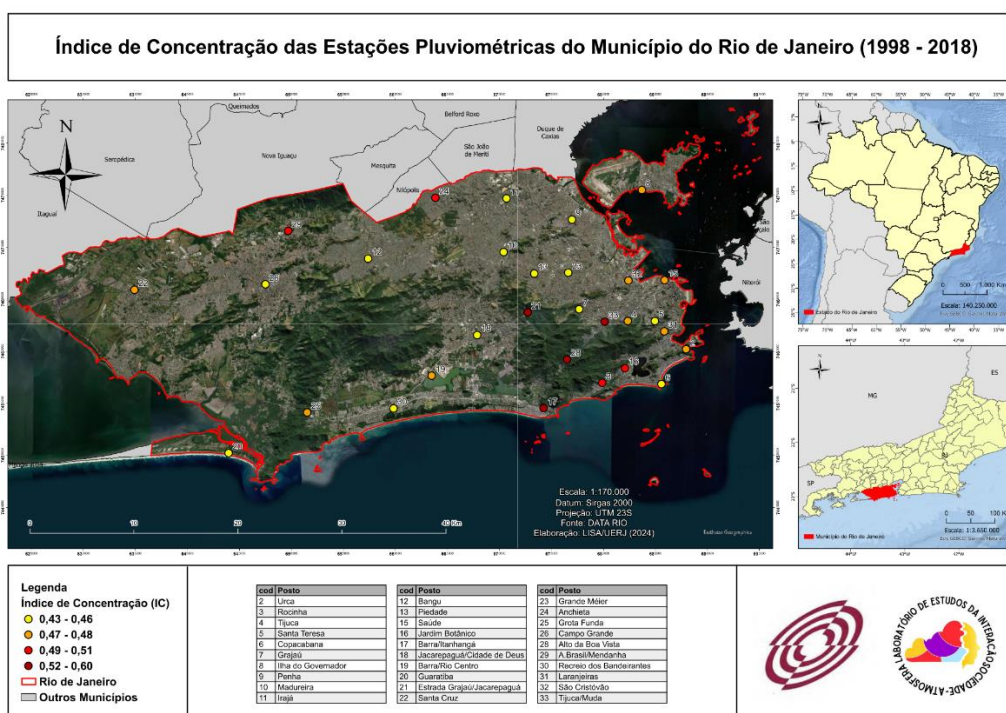


Figura 01 – Mapa do Índice de Concentração das 30 estações pluviométricas homogeneizadas do Sistema Alerta Rio, da Cidade do Rio de Janeiro (1998-2018).

Da classificação escolhida neste trabalho, foram obtidas 13 estações com IC entre 0,43-0,46 (considerado médio), 9 estações entre 0,47-0,48 (médio à elevado), 4 estações

entre 0,49-0,51 (elevado), e 4 estações entre 0,52-0,60 (muito elevado). Se destacaram os ICs de estações localizadas ao longo do Maciço da Tijuca, sendo as estações 3, 16, 17, 21, 28 e 33, todas com ICs considerados elevados ou muito elevados. Tais valores são amparados pelos fatores ambientais, uma vez que essas estações se localizam em local de considerável umidade anterior conferida pela vegetação do Maciço, elevada cota altimétrica que favorece a condensação da água evapotranspirada e localização voltada para a vertente sul do Maciço (da maioria das estações citadas), assim sofrendo maior influência de precipitações desencadeadas por frentes frias e efeito orográfico. Em contrapartida, os menores ICs se localizaram em locais de menor cota altimétrica, maior adensamento urbano (de pouca arborização) e protegidos pelos maciços da Tijuca e da Pedra Branca de demais efeitos de chuvas frontais, acarretando em precipitações menos intensas e/ou menos concentrada em classes.

Há de se considerar a ausência de dados de algumas estações referente a série temporal escolhida para este trabalho, uma vez que 5 estações possuem menos de 10 anos de dados registrados, por terem sido instaladas só em tempos mais recentes. Atentado para tal, foi calculado o nível de falha das estações para considerar o percentual de erro do IC com os dados utilizados. Dessa forma, as estações apresentaram um nível de falha que variou de 0% a 75,1% de falha, sendo este último da estação 17 - Barra-Barrinha, com dados apenas a partir de 07 de fevereiro de 2011.

Cabe a reflexão se o empenho do Estado, especialmente relativo ao repasse de verba, está a altura da necessidade e seriedade que a área de atuação em questão requisita. A questão climática é tema protagonista mundialmente, o qual o Brasil possui primazia no debate (devido a expressão de suas reservas naturais), em igual maneira que deve ser em exemplo para o resto do mundo relativo a postura sobre eventos extremos, que colocam parcela considerável de sua população em risco. Tal responsabilidade só se mostrará real quando materializada – relativo a produção de dados - em uma boa distribuição de estações de qualidade de maneira homogênea pelo território, e com adequado manuseio por técnicos capacitados e em boas condições de trabalho, cenário só possível com investimento no setor. Cabe a todas as esferas do poder público zelar para que tais dados sejam produzidos, e assim seja fomentado, com base nestes, planejamento e gestão das cidades a fim de mitigar desastres que colocam anualmente em risco a vida de milhares, ou até de milhões.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com complexo relevo acidentado, grandes montantes precipitados sazonalmente e de urbanização precária, a cidade do Rio de Janeiro conta com históricos registros de eventos extremos desencadeados pelas chuvas, cenário que propicia o recorte como laboratório para aprofundamento de estudos dos impactos de eventos extremos de chuva na escala diária, ou mesmo horária, tal qual a aplicação de ações provenientes destes estudos voltados a mitigação dos danos materiais e sociais gerados para a sociedade.

Ainda pouco explorada para os tipos climáticos da maior parte do território brasileiro, a junção de técnicas proposta neste trabalho, utilizando os *softwares* RHTest, voltado à homogeneização dos dados, e o Índice de Concentração (IC), para análise dos dados e geração do decimal indicador do perfil de concentração de chuvas, se coloca como metodologia eficiente no tratamento de dados para análise de eventos extremos na escala adequada: a escala diária. Apesar de a maioria dos ICs indicados se classificarem como baixos (menos de 0,50) por Martín-Vide (2004), o perfil de chuvas dos trópicos - cenário diferenciado ao que a técnica foi originalmente aplicada – possibilita desastres mesmo com tendência de concentração de chuvas não tão elevadas, especialmente se considerado o perfil socioeconômico das populações afetadas como variável ativa, abordagem que estará presente em momentos futuros da pesquisa, aprofundando o uso do Índice de Concentração no recorte escolhido.

A dificuldade da falta de dados e baixa distribuição de estações em zonas mais afastadas da centralidade da cidade se fizeram presentes, porém se colocando como problemáticas técnicas e excepcionais à metodologia proposta, cabendo ao poder público disponibilização de maior investimento em seus setores encarregados pela análise climática e segurança civil, pautas muito em voga na atualidade dado os efeitos mais radicais das mudanças climáticas se colocando no cotidiano global. Não é mais possível ignorar os impactos que as chuvas, principal elemento climático do sudeste brasileiro (Nunes, Koga-Vicente e Candido, 2009, apud Rampazo, 2014), causam sob a sociedade, incidindo sobretudo nas populações socialmente marginalizadas, problemática perpetuada sem demais intervenções do Estado. O caminho de saída dos para mitigação desses desastres somente se dará na união sólida e contínua entre o Estado, a sociedade e a ciência, para frear as mudanças climáticas rumo a uma existência socioambiental harmônica, pois sem esta, se torna impossibilitada qualquer outra possibilidade de existência futura.

**Palavras-chave:** Precipitação; Eventos extremos; Índice de Conceição; Rio de Janeiro.

## **AGRADECIMENTOS**

Dedicamos esta seção do trabalho à Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), e ao laboratório que faço parte como pesquisador iniciante, o LISA (Laboratório de Estudos da Interação Sociedade-Atmosfera), o qual nos últimos anos proporcionaram nosso crescimento não só acadêmico, mas também pessoal, expandindo qualquer horizonte de futuro que um dia jamais imaginamos alcançar. Agradecemos também ao professor Antonio Carlos Oscar Júnior, figura que para além do institucional, representa também um excelente ser humano, com ações que representam seus ideais, e criam um espaço seguro para o aprendizado e crescimento de seus orientandos e orientandas, sendo nossa referência de onde podemos chegar, e como gostaríamos de ser. A ele, toda minha gratidão.

## **REFERÊNCIAS**

DE MEDEIROS, F. S. et al. A URBANIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO: uma visão sobre as enchentes e inundações. **Sustentare**, v. 4, n. 1, p. 46-60, 2020.

OSCAR-JUNIOR, A. C. HOMOGENEIZAÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS: UMA CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 34, e,40957 2019.

MARTIN-VIDE, J. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. **International Journal of Climatology**. No 24, p. 959-971, 2004.

MENDONÇA, F. BUFFON, E. Riscos híbridos. In: MENDONÇA, Francisco (org.). Riscos híbridos: concepções e perspectivas socioambientais. 1ª ed. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2021.

MONTEIRO, C. A. F. A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil). São Paulo: **IGEOG/USP**, 1969.

RAMPAZO, N. A. M. APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO (IC) PARA AVALIAÇÃO DAS TENDÊNCIAS DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Geografia) - **Universidade Estadual de Campinas**, Campinas, 2014.

WANG, X. L. et al. Penalized maximal F-test for detecting undocumented mean shifts without trend-change. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v.25, n. 3, p. 368-384. 2008.