



Extremos Pluviométricos no Rio Grande do Norte (1961-2020): Regionalização Climática via Clusterização Aplicada à Gestão de Riscos

¹Yuri Patrick Pessoa da Silva, ²Bergson Guedes Bezerra, ³Livia Alice de Araujo
Granges, ⁴Arthur Vinicius Souza da Costa

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, e-mail: yur08621@gmail.com;

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte, e-mail: bergson.bezerra@gmail.com;

³Universidade Federal do Rio Grande do Norte, e-mail: liviagranges@gmail.com;

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Norte, e-mail: arthur702vsc@gmail.com

Grupo temático: Ambiente e Clima
Eixo: Gestão de riscos climáticos

Resumo

Este estudo analisa as tendências espaço-temporais de extremos pluviométricos no Rio Grande do Norte entre 1961 e 2020, visando subsidiar a gestão de riscos climáticos. A pesquisa quantifica a variação na duração dos veranicos e na intensidade das chuvas extremas, utilizando os índices climáticos de dias secos consecutivos e precipitação máxima em cinco dias. A metodologia baseou-se em dados diários observacionais em grade, com cálculo de anomalias climatológicas e regionalização do estado por meio do Algoritmo Hierárquico de Ward. Os resultados, cujas diferenças entre agrupamentos foram validadas estatisticamente pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, revelaram a formação de quatro clusters climáticos distintos. Destaca-se o agrupamento de alerta de seca severa no interior, caracterizado por um aumento extremo na duração dos veranicos e redução drástica das chuvas intensas, evidenciando alto perigo climático. Em contrapartida, as áreas litorâneas apresentaram adiantamento úmido com elevação dos extremos de precipitação. Conclui-se que o zoneamento das tendências climáticas configura uma ferramenta estratégica capaz de subsidiar diretamente políticas públicas de mitigação à seca no interior e adaptação contra inundações no litoral.

Palavras-chave: Clusterização; Extremos pluviométricos; Gestão de riscos; Semiárido; Variabilidade climática.

Introdução

O estado do Rio Grande do Norte, inserido majoritariamente no semiárido brasileiro e no bioma Caatinga, apresenta elevada variabilidade pluviométrica e recorrência de eventos extremos de seca e precipitação intensa, fatores que influenciam diretamente a disponibilidade hídrica, a produção agrícola e o planejamento territorial (MARENGO et al., 2017; XAVIER et



al., 2022). Em um contexto de alterações recentes no regime pluviométrico e aumento da frequência de eventos extremos, torna-se necessário compreender como essas mudanças se distribuem espacialmente, permitindo identificar áreas mais suscetíveis ao agravamento do perigo climático (COSTA et al., 2020).

Embora existam estudos sobre extremos pluviométricos no Nordeste brasileiro, ainda são escassas as abordagens que integrem índices climáticos e regionalização estatística para subsidiar ações de gestão de riscos em escala estadual. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo quantificar as alterações observadas na duração dos veranicos e na intensidade das chuvas extremas entre os períodos climatológicos de 1961–1990 e 1991–2020, bem como regionalizar o território potiguar por meio de agrupamentos de municípios com comportamento pluviométrico semelhante, produzindo um zoneamento que possa subsidiar estratégias de planejamento e gestão de riscos climáticos.

Metodologia

Trata-se de uma pesquisa quantitativa, de caráter observacional e exploratório, desenvolvida para analisar a variabilidade espaço-temporal dos extremos pluviométricos no estado do Rio Grande do Norte. A área de estudo compreende o estado do Rio Grande do Norte, localizado na região Nordeste do Brasil, cujo regime pluviométrico é influenciado principalmente pela atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), dos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) e de padrões de variabilidade climática de grande escala (MARENGO et al., 2017).

Foram utilizados dados diários observacionais em grade de precipitação desenvolvidos por Xavier et al. (2022), posteriormente agregados aos limites dos 167 municípios do estado. A série histórica compreendeu o período de 1961 a 2020 e foi dividida em dois intervalos climatológicos de 30 anos: 1961–1990 (período climatológico de referência) e 1991–2020 (período climatológico recente).

Para cada município foram calculados os índices CDD (Consecutive Dry Days) e Rx5day, seguindo as recomendações da Equipe de Especialistas em Detecção e Índices de Mudanças Climáticas (ETCCDI) (ZHANG et al., 2011). Em seguida, calcularam-se as médias dos índices para cada período climatológico e, posteriormente, os deltas correspondentes às diferenças entre as climatologias recente e de referência, permitindo quantificar as alterações observadas nos índices de extremos pluviométricos.



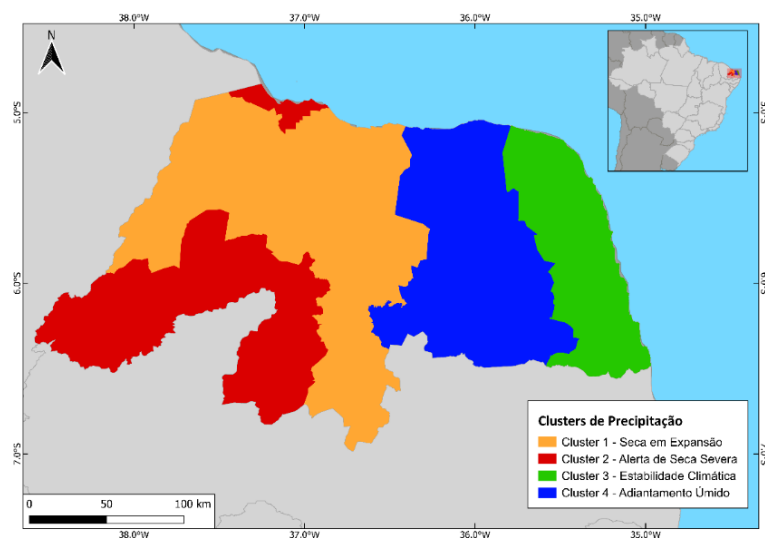
A regionalização climática foi realizada por meio do Algoritmo Hierárquico de Ward (Ward.D2), utilizando como variáveis de agrupamento os valores médios dos índices CDD e Rx5day referentes aos dois períodos climatológicos. Antes da aplicação do algoritmo, as variáveis foram padronizadas para eliminar o efeito das diferentes unidades de medida, sendo utilizada distância Euclidiana como medida de similaridade. O número de quatro agrupamentos foi definido pela inspeção do dendrograma, considerando o maior salto na distância de fusão entre grupos.

Após a definição dos clusters, os deltas dos índices foram utilizados para caracterizar as alterações observadas em cada agrupamento climático. As diferenças entre os grupos foram avaliadas pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Como análise complementar, determinou-se o início da estação chuvosa (Onset) por meio do método de acúmulo anômalo de precipitação proposto por Liebmann et al. (2007).

Resultados e Discussão

O processo de regionalização do comportamento pluviométrico do estado resultou na identificação de quatro agrupamentos climaticamente distintos (Figura 1). Esses agrupamentos representam regiões de similaridade estatística quanto ao comportamento dos índices CDD e Rx5day, não devendo ser interpretados como fronteiras climáticas rígidas. A análise espacial evidencia que os clusters distribuem-se de forma organizada no território potiguar, permitindo identificar áreas com diferentes padrões de alteração do regime pluviométrico.

Figura 1 - Zoneamento espacial dos clusters de tendências de extremos climáticos no Rio Grande do Norte.

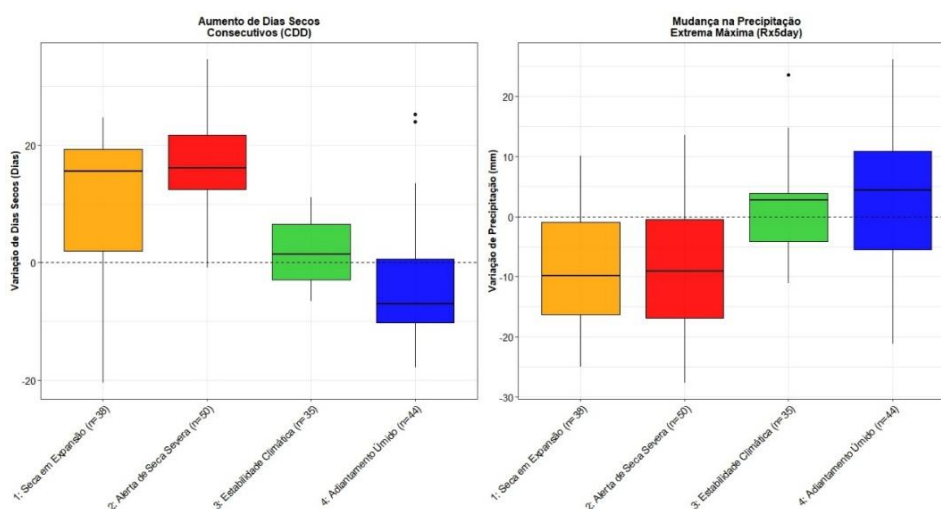


Fonte: Elaboração Própria (2026), com dados de Xavier et al. (2022).



As diferenças entre os agrupamentos foram avaliadas pelo teste de Kruskal-Wallis, empregado para verificar se as distribuições dos índices diferiam significativamente entre os clusters obtidos. Os resultados indicaram diferenças altamente significativas tanto para o CDD ($H = 79,96$; $p < 0,001$) quanto para o Rx5day ($H = 41,59$; $p < 0,001$), demonstrando que os agrupamentos representam padrões estatisticamente distintos (Figura 2).

Figura 2 - Análise de variância em boxplot evidenciando a alteração nos índices CDD e Rx5day por cluster climático.



Fonte: Elaboração Própria (2026).

Após a definição dos agrupamentos climáticos, os deltas dos índices foram utilizados para caracterizar as alterações entre os dois períodos climatológicos em cada cluster. O Cluster 2 (Alerta de Seca Severa), predominante no interior potiguar (Figura 1), apresentou os maiores aumentos do CDD e redução do Rx5day, indicando intensificação das condições favoráveis à ocorrência de secas prolongadas. Em contraste, o Cluster 4 (Adiantamento Úmido), concentrado na faixa litorânea leste (Figura 1), apresentou redução do CDD e aumento do Rx5day, caracterizando maior concentração dos eventos extremos de precipitação. O Cluster 1 apresentou aumento moderado do CDD e pequena redução do Rx5day, sugerindo expansão da aridez, enquanto o Cluster 3 manteve pequenas variações em ambos os índices, indicando maior estabilidade pluviométrica.

A análise do Onset revelou que as alterações no início da estação chuvosa não ocorreram de forma homogênea entre os agrupamentos. No Cluster 2 observou-se antecipação da data média de início da estação chuvosa em relação à climatologia de referência. Entretanto, esse comportamento ocorreu simultaneamente ao aumento do CDD, indicando que a antecipação do início das chuvas não esteve necessariamente associada a maior regularidade pluviométrica.



durante a estação.

Os padrões identificados são compatíveis com resultados apresentados para o Nordeste brasileiro por Marengo et al. (2017), que relatam intensificação das secas em parte do semiárido, e por Costa et al. (2020), que observaram alterações na distribuição dos extremos de precipitação. Da mesma forma, a coerência espacial dos agrupamentos obtidos reforça a aplicabilidade da análise hierárquica de Ward na regionalização climática, em concordância com Oliveira et al. (2017)

Como síntese dos padrões identificados, a Tabela 1 apresenta a caracterização climática dos quatro clusters e as respectivas diretrizes para subsidiar ações de gestão do perigo climático no Rio Grande do Norte.

Tabela 1 - Zoneamento de risco climático e diretrizes estratégicas para o Rio Grande do Norte.

Cluster	Municípios (n)	CDD	Rx5day	Perfil Climático	Diretriz
1: Seca em Expansão	38	↑	↓	Escassez hídrica crescente	Monitoramento da expansão da aridez e incentivo tecnológico à irrigação.
2: Alerta de Seca Severa	50	↑↑	↓↓	Alto perigo climático (Forte ameaça agrícola)	Ações emergenciais de abastecimento e adaptação da agricultura de sequeiro.
3: Estabilidade Climática	35	≈	≈	Estabilidade local	Vigilância contínua e manutenção preventiva da infraestrutura hídrica.
4: Adiantamento Úmido	44	↓	↑↑	Inundações e enxurradas	Obras de macrodrenagem urbana, contenção de encostas e sistemas de alerta costeiro.

Fonte: Elaboração Própria (2026).

Assim, o zoneamento produzido representa uma base objetiva para subsidiar ações de monitoramento e planejamento territorial voltadas à gestão do perigo climático no Rio Grande do Norte.

Conclusão

A integração entre índices de extremos pluviométricos e análise de agrupamento hierárquico permitiu identificar padrões espaciais distintos de alteração do regime de



precipitação no Rio Grande do Norte entre os períodos climatológicos de 1961–1990 e 1991–2020. Os resultados evidenciaram a existência de áreas com intensificação das condições favoráveis à ocorrência de secas prolongadas no interior do estado e de regiões com aumento da concentração dos eventos extremos de precipitação na faixa litorânea.

O zoneamento obtido representa um diagnóstico do perigo climático (hazard), constituindo uma base científica para subsidiar ações de monitoramento, planejamento territorial e gestão de riscos. Estudos futuros poderão integrar essas informações com indicadores de vulnerabilidade socioeconômica e de exposição, ampliando sua aplicação na formulação de políticas públicas de adaptação climática.

Referências

- COSTA, M. S.; et al. Trends in daily precipitation extremes over Northeastern Brazil from 1961 to 2014. *Journal of Earth System Science*, v. 129, n. 1, 2020.
- KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.
- LIEBMANN, B.; et al. Onset and End of the Rainy Season in South America. *Journal of Climate*, v. 20, n. 9, p. 2037-2050, 2007.
- MARENGO, J. A.; et al. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 89, n. 1, 2017.
- OLIVEIRA, P. T.; et al. Homogeneous rainfall sub-regions in Northeast Brazil: A cluster analysis. *Water Resources Management*, v. 31, n. 1, p. 163-176, 2017.
- XAVIER, A. C. et al. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). *International Journal of Climatology*, v. 42, n. 16, p. 8390-8404, 2022.
- ZHANG, X. et al. Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 2, n. 6, p. 851-870, 2011.