

POTENCIAL IMPACTO DOS MODOS DE VARIABILIDADE E MUDANÇA DO CLIMA NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO SISTEMA IMUNANA-LARANJAL

Helenice Maria Sardinha Lemos¹, Francisco de Assis Dourado da Silva², Lúcio Silva de Sousa³

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar as tendências de variação no regime de chuvas nas bacias que abastecem o Sistema Imunana-Laranjal, considerando os possíveis impactos do clima no abastecimento urbano, especialmente nas cidades de Niterói e São Gonçalo. Uma análise quantitativa estatística exploratória foi aplicada para informar se a região de estudo apresenta mudança significativa em seu regime de chuvas. Ao final do estudo espera-se formar uma base de dados sólida contendo informações como diagnóstico do monitoramento pluviométrico da região, identificação dos padrões e tendências nas variações do regime pluviométrico nas bacias que abastecem o Sistema, além do mapeamento das áreas mais afetadas, por meio da análise de dados primários medidos. Nas áreas onde há falta de informações, os valores medidos são comparados a dados estatísticos gerados pelo CHIRPS, ferramenta do estado da arte para provimento de dados de precipitação, onde sua destreza será avaliada para potencial indicação de uso como ferramenta complementar no processo de gestão das chuvas, variável de entrada, para abastecimento na região estudada.

PALAVRAS-CHAVE: CHIRPS, Sistema Imunana-Laranjal, Variabilidade Climática.

ABSTRACT

This work aims to analyze the trends of variation in the rainfall patterns of the watersheds that supply the Imunana-Laranjal System, considering the potential impacts of climate on the urban water supply, especially for the cities of Niterói and São Gonçalo. An exploratory statistical quantitative analysis was applied to determine whether the study region shows a significant change in its rainfall patterns. By the end of the study, the expectation is to establish a solid database containing information such as a diagnosis of the region's rainfall monitoring, identification of patterns and trends in variations of the rainfall regime within the System's watersheds, in addition to mapping the most affected areas through the analysis of measured primary data. In areas where there is a lack of information, the measured values are compared to statistical data generated by CHIRPS, a state-of-the-art tool for providing precipitation data, whose skill will be assessed for its potential indication as a complementary tool in the management process of rainfall, an input variable, for the water supply in the studied region.

KEYWORDS: CHIRPS, Imunana-Laranjal System, Climate Variability

INTRODUÇÃO

A inter-relação entre mudanças climáticas e segurança hídrica tem um impacto direto na disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos. A segurança hídrica é essencial para a saúde pública e o desenvolvimento econômico, e a escassez de água pode intensificar as desigualdades sociais, afetando desproporcionalmente as populações mais vulneráveis. Sendo fundamental implementar políticas de gestão integrada dos recursos hídricos, que considerem as variabilidades climáticas e promovam a sustentabilidade. (Perreira, Rodrigues, 2022)

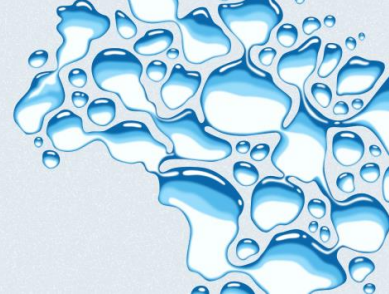
A bacia do Guapimirim-Macacu, localizada no estado do Rio de Janeiro, apresenta um clima predominantemente tropical, com períodos chuvosos bem definidos (Perreira, Almeida, Silva, 2017). Essa característica climática influencia diretamente a dinâmica hidrológica da região, contribuindo para a recarga dos recursos hídricos e a manutenção dos ecossistemas associados.

A distribuição anual de chuvas variou entre 850 mm e 1550 mm, com os maiores acumulados localizados no setor norte de Niterói e no sul/sudeste de São Gonçalo. (BRASIL, 2025) Essa informação foi extraída a partir do processamento de dados medidos, onde também foi possível identificar a falta dessas informações na região do domínio da bacia, dependendo portanto de ferramenta de estimativas de precipitação.

1 Aluna da Universidade do Estado do Rio de Janeiro- UERJ. Regulação e Governança dos Recursos Hídricos. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: helenice.sardinha.lemos@gmail.com.

2 Docente na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Departamento de Geologia Aplicada. Programa Profagua. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: fdourado@uerj.br.

3 Docente na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Oceanografia. Programa Profagua. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: luciodesouza@gmail.com.



O trabalho de Tornio (2024) compara as estimativas do CHIRPS (CHIRPS,2015) com dados de cinco pluviômetros entre 2005 e 2018, utilizando indicadores estatísticos como o coeficiente de correlação de Pearson, o coeficiente de determinação, a raiz do erro médio quadrático e o viés. Os resultados indicam que o CHIRPS apresenta um desempenho satisfatório, com correlações superiores a 0,80 em três dos cinco pluviômetros analisados e um coeficiente de determinação acima de 0,64. O viés mostrou uma superestimação geralmente abaixo de 20%, enquanto o erro médio quadrático ficou próximo de 30 mm. Nesse trabalho, a avaliação dessa ferramenta potencial será ampliada à região da Bacia estudada.

MATERIAIS E METODOS

Os dados foram coletados no site do Hidroweb e foi realizado um diagnóstico pluviométrico da área conforme as Figuras 1 e 3, após essa análise os dados das estações que possuíam informações foram organizados por Python para obter tabelas onde os dados estão organizados em duas colunas: Data (diária) e Chuva (mm). Após esse processo, verificou-se estatisticamente que a estação que possui maior número de dados é 2242014, como demonstrado na Figura 2. Para que possamos abranger o maior período possível, o método utilizado para preenchimento será o de linha de tendência, sendo que para que os dados possam ser utilizados, r^2 deverá ser superior a 0,7.

Após a análise primária, a técnica de estimativa utilizada será o CHIRPS, que é uma técnica de estimativa de precipitação que combina dados de satélites e estações meteorológicas para fornecer informações sobre a precipitação em uma determinada área. Os valores de chuva são construídos a partir da análise da densidade de estações reais próximas. O algoritmo do CHIRPS utiliza uma média ponderada, selecionando estações específicas dentro de um banco de dados. O método busca estações mais próximas dentro de um raio crescente até que um conjunto mínimo de dados seja formado para a interpolação das chuvas. (TÓRNIO,2024)

A partir desses dados serão geradas estimativas que irão ser comparadas aos dados coletados e organizados pelo Hidroweb para ser feito um comparativo do quanto esses dados são compatíveis. Ao final desse processo, o repositório de informações geradas será reorganizado de maneira didática por meio de gráficos e mapas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

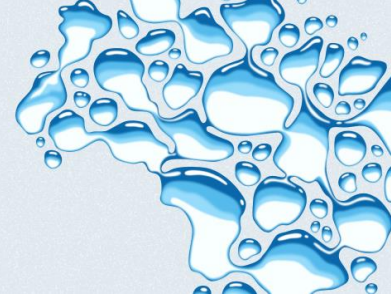
Esta pesquisa se alinha diretamente com vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, demonstrando sua relevância tanto em escala local quanto global. Ao investigar os desafios hídricos da região, contribui para o ODS 6 (Água Potável e Saneamento). A análise dos padrões de ocupação urbana e vulnerabilidades ambientais dialoga com o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis). Os estudos sobre os impactos climáticos locais e propostas de adaptação reforçam o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), enquanto a atenção aos ecossistemas costeiros se conecta ao ODS 14 (Vida na Água).

Ao integrar análises climáticas, hidrológicas e socioeconômicas, o estudo pretende oferecer subsídios concretos para políticas públicas que promovam a resiliência urbana e a sustentabilidade ambiental na região. Nesse sentido, a pesquisa se posiciona como uma ponte entre o conhecimento científico e a ação prática, buscando transformar seus resultados em benefícios tangíveis para a população e o meio ambiente. Em um contexto de crescentes desafios climáticos e urbanos, estudos como este se tornam instrumentos essenciais para a construção de um futuro mais sustentável e equitativo.

1 Aluna da Universidade do Estado do Rio de Janeiro- UERJ. Regulação e Governança dos Recursos Hídricos. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: helenice.sardinha.lemos@gmail.com.

2 Docente na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Departamento de Geologia Aplicada. Programa Profagua. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: fdourado@uerj.br.

3 Docente na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Oceanografia. Programa Profagua. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: luciodesouza@gmail.com.



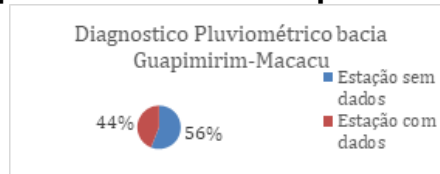
A escolha da área de estudo se deve a uma combinação de fatores inter-relacionados. Em primeiro lugar, observa-se uma significativa lacuna nos estudos acadêmicos sobre os impactos climáticos nesta porção específica da Baía de Guanabara. Além disso, a região enfrenta uma crise hídrica crítica, com o sistema de abastecimento Imunana-Laranjal operando em colapso, incapaz de atender às demandas da população local - situação que tende a se agravar com os eventos climáticos extremos

CONCLUSÃO

Após criteriosa análise dos dados primários obtidos por meio do sistema Hidroweb e também por solicitação dos dados do IMMET, pode-se concluir que os dados coletados possuem períodos de falha, e pouca correlação entre as estações, como demonstrado na Figura 3. Faz-se necessária a análise estatística para complementar as informações de medição reais. O método escolhido para análise é o CHIRPS, pois segundo o estudo de Tórnio (2024) se mostra eficaz para a área de estudo.

TABELAS E ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Gráfico percentual de dados pluviométricos disponíveis



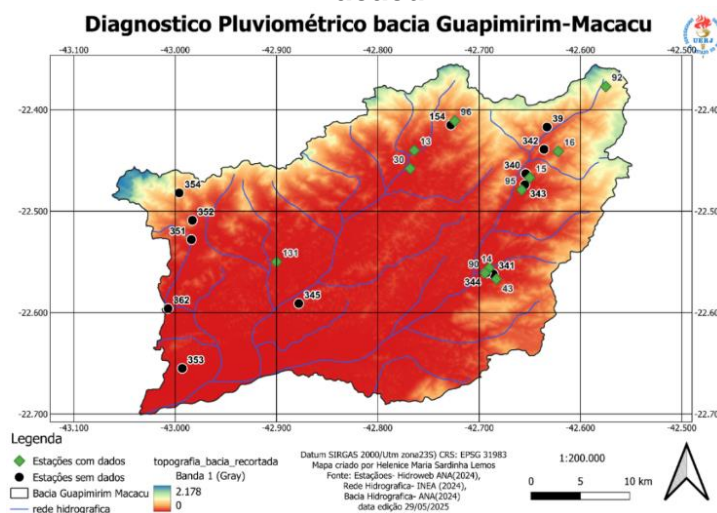
Fonte: Autor

Figura 2- Tabela estatística das estações localizadas na bacia Guapimirim-Macacu

Nº de Dados	20909	20932	13695	20022	4810	10510	6734	6543	6520	6316	1079
n	32600	32600	32600	32600	32600	32600	32600	32600	32600	32600	32600
% de Falhas	35,86	35,79	57,99	38,58	85,25	67,76	79,34	79,93	80,00	80,63	96,69
Estações	2242013	2242014	2242015	2242016	2242030	2242043	2242090	2242092	2242095	2242096	2242131

Fonte: Autor

Figura 3- Mapa georeferenciado com o diagnostico pluviométrico da bacia Guapimirim-Macacu



Fonte: Autor

- 1 Aluna da Universidade do Estado do Rio de Janeiro- UERJ. Regulação e Governança dos Recursos Hídricos. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: helenice.sardinha.lemos@gmail.com.
- 2 Docente na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Departamento de Geologia Aplicada. Programa Profagua. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: fdourado@uerj.br.
- 3 Docente na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Oceanografia. Programa Profagua. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: luciodesouza@gmail.com.

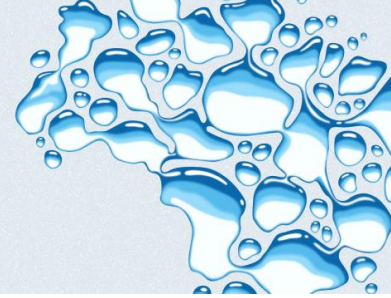
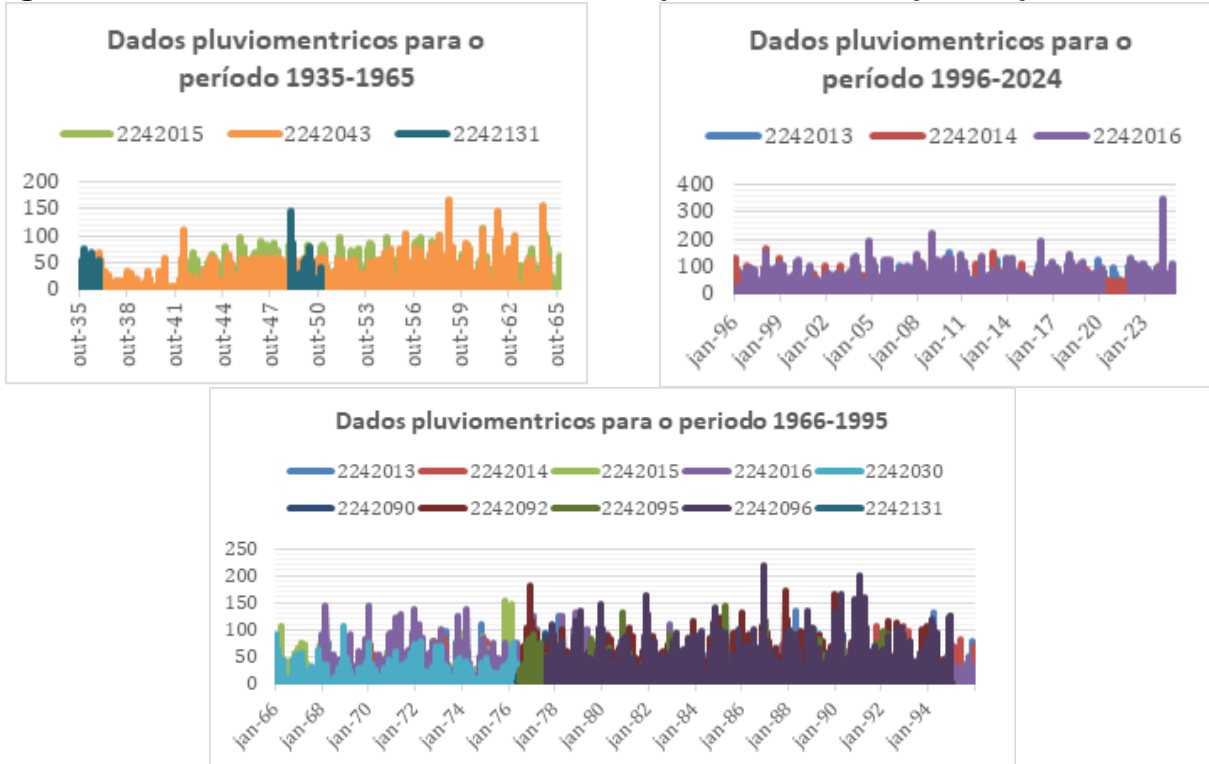


Figura 4- Dados Pluviométrico da bacia Guapimirim-Macacu para o período de 1935-2024



Fonte: Autor

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **HidroWeb: Sistema de Informações Hidrológicas**. [Brasília]: ANA, 2025. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 20 maio. 2025.
- CHIRPS: Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Nova Iorque: ONU, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 17 out. 2024.
- PEREIRA, V. C. R.; ALMEIDA, C. N.; SILVA, T. M. Diagnóstico Hidrogeoquímico na Bacia do Guapimirim-Macacu (RJ). *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, Rio de Janeiro, v. 40, n. 3, p. 82-93, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.11137/2017_3_82_93. Acesso em: 22 de maio de 2025.
- PEREIRA, Vania Rosa; RODRIGUES, Daniel Andrés. Vulnerabilidades da segurança hídrica no Brasil frente às mudanças climáticas. *Derbyana*, São Paulo, 43: e777, 2022. Disponível em: <https://revistaig.emnuvens.com.br/derbyana/article/view/777/764>. Acesso em: 10 out. 2024.
- TÓRNIO, Carlos Augusto Abreu; KEDE, Maria Luiza Félix Marques; SOUZA, Lucio Silva de. *Avaliação do desempenho das estimativas de precipitação do produto CHIRPS para os municípios de São Gonçalo e Niterói (RJ)*. *Revista Brasileira de Climatologia*, Dourados, MS, v. 34, p. 79-103, jan./jun. 2024. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>. Acesso em: 15 mai. 2025.

1 Aluna da Universidade do Estado do Rio de Janeiro- UERJ. Regulação e Governança dos Recursos Hídricos. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: helenice.sardinha.lemos@gmail.com.

2 Docente na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Departamento de Geologia Aplicada. Programa Profagua. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: fdourado@uerj.br.

3 Docente na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Oceanografia. Programa Profagua. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: luciodesouza@gmail.com.