



PREENCHIMENTO DE FALHAS EM ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NO RIO GRANDE DO NORTE

Elydmilla Dawily Souza Lima¹, Stefeson Bezerra de Melo²

Resumo: Estudos que utilizam dados meteorológicos históricos, sofrem de forma geral problemas com falhas na série histórica. E a precipitação pluviométrica é uma variável climática largamente utilizada em diversos trabalhos relacionados à dinâmica socioambiental. Desta forma, séries que possuem muitas falhas, de modo que comprometam sua utilização em estudos podem ser preenchidas por meio de modelos matemáticos. Nesse sentido, modelos de regressão linear múltipla (RLM) podem ser utilizados de modo bastante satisfatórios nas falhas existentes de séries históricas de precipitação. Observou-se que todos os modelos obtidos foram significativos com precisão acima de 98%, demonstrando a utilidade tanto das equações obtidas, quanto da metodologia utilizada.

Palavras-chave: Precipitação, Regressão Linear Múltipla, Hidrologia

1. INTRODUÇÃO

Pesquisas com séries temporais de precipitação para espacializar chuvas estão sendo usadas com bastante frequências principalmente considerando seu emprego em estudos hidrológicos, que são bases para o desenvolvimento social e econômico [1], [2]. Essas Séries de precipitação possuem aplicações diretas em climatologia, agricultura, hidrologia e gestão de desastres, assim como em planejamento e administração de recursos ambientais e urbanos [3].

Precipitação pluvial pode ser entendida como o fenômeno climatológico pelo qual a água proveniente do vapor de água da atmosfera é depositada na superfície terrestre. Este fenômeno é o elemento alimentador da fase terrestre do ciclo hidrológico e constitui um dos elementos meteorológicos que exerce mais influência sobre condições ambientais. Além do efeito direto sobre o balanço hídrico, exerce influência indiretamente sobre outras variáveis, tais como: temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar, radiação solar, entre outros [4].

Séries históricas de precipitação pluviométricas podem conter espaços em branco que são geradoras de incertezas nos processos de estimativa e compreensão da distribuição dessa variável. Em suma, essas falhas são decorrentes de problemas com os dispositivos de coleta e a falta do operador em determinadas ocasiões, afetando a continuidade e consistências das informações.

Para minimizar esse efeito, é frequente o uso de técnicas para o preenchimento de falhas. O método da regressão é uma técnica geral usada para relacionar uma variável dependente a uma ou diversas variáveis independentes.

¹ Estudante do curso interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. UFERSA, Campus Angicos.

² Professor do Departamento de Ciência Exatas, Naturais e Tecnologia da Informação. UFERSA, Campus Angicos.

Apesar das recentes iniciativas em relação à disponibilização de dados públicos, como a Lei nº 12.527, de 18 de Novembro de 2011, que regula o acesso à informação, ainda há uma grande dificuldade por parte dos pesquisadores na obtenção de dados meteorológicos oficiais. Séries temporais longas e confiáveis, que possam auxiliar na elaboração de estudos mais abrangentes, não são encontradas em diversas localidades do país [5]

De acordo com [9] vários métodos podem ser utilizados no preenchimento de falhas de dados meteorológicos, incluindo-se a utilização de médias de dados observados ou dados sintéticos obtidos de geradores de dados. [11] e [10] apresentam várias metodologias empregadas no preenchimento de falhas e comentam que nenhuma se presta ao preenchimento de falhas diárias, sendo mais recomendadas no preenchimento de falhas mensais ou anuais.

Desse modo, o presente estudo buscou utilizar Regressão linear múltipla para preenchimento de falhas, utilizando trinta anos de dados mensais (1989 a 2018) de todas as estações convencionais do BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do estado do Rio Grande do Norte. Totalizando sete estações (Natal, Cruzeta, Macau, Ceará-Mirim, Apodi, Florânia e Caicó) no sentido de produzir dados mais confiáveis.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Área de Estudo

Climaticamente o Rio grande do Norte divide-se em cinco regiões conforme o mapa abaixo:

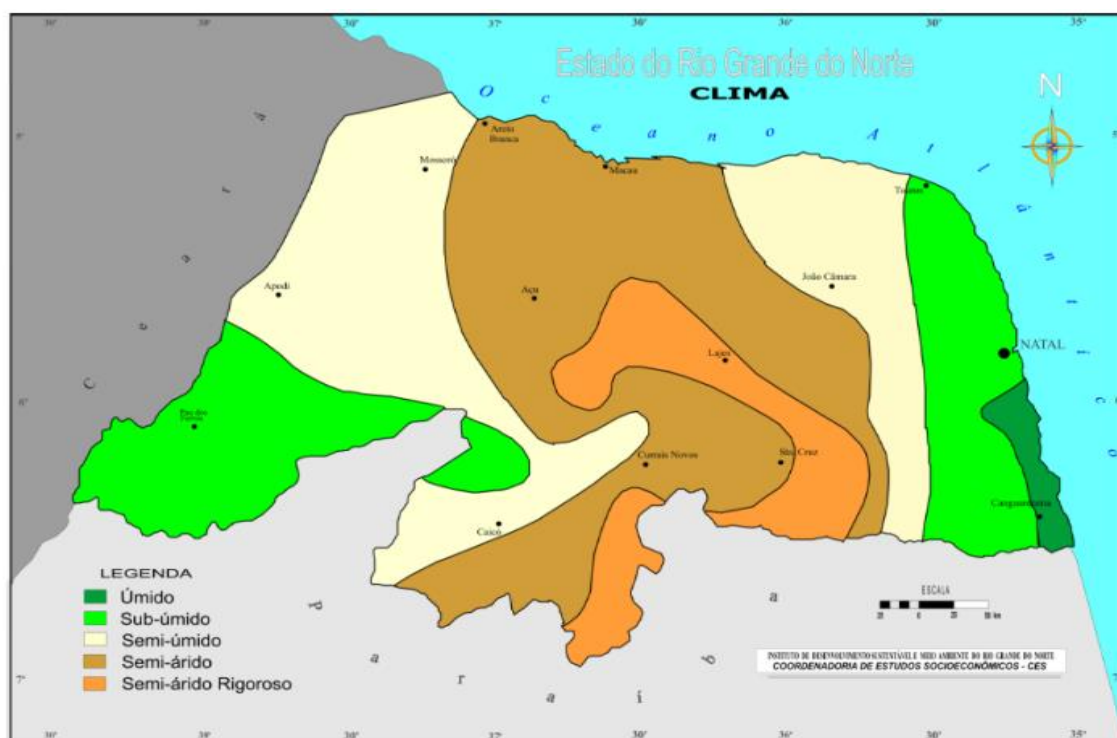


Figura 1 – Mapa das cinco regiões climatologicamente homogêneas do estado do Rio Grande do Norte. Fonte: IDEMA [6]

O território norte-rio-grandense localiza-se, no hemisfério sul ocidental e seus pontos extremos são limitados pelos paralelos de 4°49'53'' de latitude sul e pelos meridianos de 34°58'03'' e 38°36'12'' de longitude oeste de Greenwich. O Rio Grande do Norte está situado próximo ao Equador, e é bastante influenciado pela zona de convergência intertropical (ZCIT) o que lhe confere características climáticas bem específicas, como o verão seco e a presença do sol durante a maior parte do ano [6].

I - Clima úmido é o clima de uma pequena área do litoral do Estado que vai do Município de Baía Formosa ao de Nísia Floresta, onde a média anual de chuvas fica acima de 1.200 milímetros. Esse clima, na classificação de KOPPEN, equivale ao tropical chuvoso, com verão seco e com a estação chuvosa prolongando-se até os meses de julho/agosto.

II - Clima sub-úmido esse clima vai do litoral de Parnamirim/Natal até o litoral de Touros, abrange também trechos da região serrana de Luís Gomes, Martins, Portalegre e as partes mais elevadas da Serra João do Vale. As médias pluviométricas anuais situam-se entre 800 e 1.200 milímetros de chuvas. Equivale na CLASSIFICAÇÃO DE KOPPEN ao clima tropical chuvoso, com inverno seco e com a estação chuvosa prolongando-se até o mês de julho.

III - Clima sub-úmido seco esse tipo de clima abrange áreas da Chapada do Apodi e das Serras de Santana, São Bernardo e Serra Negra do Norte. As médias de precipitação situam-se entre 600 e 800 milímetros de chuvas por ano. Na classificação de KOPPEN esse clima equivale à transição entre o Tropical Típico (Aw) e o Semiárido (Bs).

IV - Clima semiárido esse clima abrange o Vale do Açu, parte do Seridó e do Sertão Central e o litoral que vai de São Miguel do Gostoso ao município de Areia Branca. Portanto, é o de maior abrangência no território estadual. Neste clima as médias de precipitação variam de 400 a 600 milímetros de chuvas por ano. Na Classificação de KOPPEN equivale ao clima semi-árido (Bs).

V - Clima semiárido intenso é o clima mais seco do Estado, pois a média anual fica em torno 400 de milímetros de chuvas. Esse tipo climático equivale na classificação de KOPPEN ao Clima-Árido (Bw) e abrangem os territórios municipais de Equador, Parelhas e Carnaúba dos Dantas no Seridó e São Tomé, Lajes, Pedro Avelino, Fernando Pedrosa, Angicos e Afonso Bezerra.

E todas essas regiões climáticas recebem influência da Zona de Convergência Intertropical-ZCIT que é considerado um dos maiores e mais importantes sistemas meteorológicos, atuando nos trópicos. Se localiza próximo à linha do equador, onde se encontram as origens dos ventos dos hemisférios norte e sul. As quatro principais zonas de convergências atuantes no planeta são: São Zona de Convergência do Atlântico Sul, do Pacífico Sul, do Índico Sul e Intertropical [8].

ZCIT é caracterizada por grandes áreas de instabilidade atmosférica e a formação de grandes nuvens convectivas ao longo do equador. O ZCIT faz parte da circulação atmosférica, um ramo ascendente da circulação Hadley e um dos principais sistemas meteorológicos em operação nos trópicos. O sistema é usado

como um regulador de energia para transferir calor e umidade (do oceano) dos trópicos para as camadas superiores da atmosfera e latitudes médias a altas [8].

No Brasil elas influenciam diretamente nas regiões: norte, nordeste, sudeste e centro-oeste. É responsável pelo volume de chuva nessas regiões, tendo uma ligação direta com os fenômenos El Niño e La Niña. O El Niño causa o enfraquecimento dos ventos do nordeste, trazendo uma movimentação na posição da ZCIT, levando-a mais a norte, trazendo um período mais seco [8]

2.2 Metodologia da pesquisa

Estudos que utilizam dados meteorológicos históricos, comumente, encontram falhas na série histórica. A precipitação pluviométrica é uma variável climática largamente utilizada em diversos trabalhos relacionados à dinâmica socioambiental.

Sendo assim, esta pesquisa visa apresentar um estudo do uso de regressão linear múltipla para preenchimento de falhas pluviométricas, para um melhor aproveitamento dos dados existentes nas séries históricas de 30 anos (1989-2018) no Estado do Rio Grande do Norte.

Para a Regressão Linear Múltipla, as informações pluviométricas do posto Y são correlacionadas com as observações correspondentes de vários postos vizinhos, por meio de uma equação linear (1)

$$Y = \beta_0 + \beta_1.X_1 + \beta_2.X_2 + \beta_i.X_i + \varepsilon_0 \quad (1)$$

em que Y é a variável dependente, nesse caso, a precipitação estimada; $X_1, X_2, \dots X_i$, são as variáveis independentes, nesse caso estações meteorológicas consideradas; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots \beta_{2i}$, são os coeficientes da regressão; e ε indica o erro residual.

Realizou-se as todas as análises no Microsoft® Excel 365. Para avaliar a significância equações foi realizado um teste F, e a precisão foi aferida pelo coeficiente de determinação (R^2)

2.3 Resultados e discussão

As regressões lineares múltiplas obtidas nesse estudo podem ser vistas na Tabela 1. Ao todo foram obtidos coeficientes para sete equações, com respectivos coeficientes de determinação (R^2) para as equações.

Os resultados se assemelham aos obtidos por [5] e [7], em que afirmam que os modelos de regressão Linear múltipla foram os mais adequados e apresentaram menores erros para preenchimentos de falhas de dados pluviométricos mensais.

Observa-se que os modelos gerados alcançaram resultados significativos e com alta precisão para todas as cidades estudadas, com R^2 variando de 98 a 99%. Indicando assim que esses modelos podem ser usados para preenchimentos de falhas para pluviosidade mensal daquela localidade ou possivelmente até de uma região, o que possibilitará melhores estudos, manejo e

planejamentos para todo o estado.

Tabela 1: Coeficientes dos modelos de regressão linear múltipla para a pluviosidade mensal das estações meteorológicas convencionais do Rio Grande do Norte

Pluviosidade (mm)	Natal	Apodi	Cruzeta	Caicó	Ceará-Mirim	Florânia	Macau	Constante	R ²
Natal**	-	1,36	0,45	-3,69	1,03	0,45	1,77	14,85	0,99
Apodi**	0,34	-	-0,16	2,40	-0,26	-0,64	-0,78	-8,78	0,98
Cruzeta**	0,09	-0,13	-	0,99	-0,01	0,49	-0,68	-1,61	0,99
Caicó**	-0,13	0,35	0,18	-	0,09	0,18	0,41	3,81	0,99
Ceará-Mirim**	0,84	-0,85	-0,02	2,06	-	-0,29	-0,92	-6,61	0,98
Florânia**	0,10	-0,55	0,53	1,06	-0,07	-	0,88	-4,91	0,99
Macau**	0,24	-0,42	-0,46	1,50	-0,15	0,05	-	-7,09	0,99

**Equação significativa a 1% de probabilidade pelo teste F.

De posse dos modelos de regressão múltiplos podemos ilustrar como preencher uma falha numa determinada estação, suponha que em um certo mês os dados pluviométrico da cidade de Natal não tenham sido coletados, devido a uma falha no pluviômetro. E para corrigir esta falha podemos utilizar o modelo obtido nesse trabalho que conforme a tabela 1 para a cidade de Natal/RN.

Para esta situação temos que ter em posse todos os dados das outras

idades (Apodi, Cruzeta, Caicó, Ceará-Mirim, Florânia e Macau) no mesmo período em que a cidade Natal teve falha.

Exemplo:

Falha no mês de Março de 2025 para a cidade de Natal

Tabela 2: Valores hipotéticos de pluviosidade nas estações meteorológicas para março do ano de 2025, para serem utilizados na equação para preenchimento de falha da pluviosidade (mm) na cidade de Natal/RN

Cidade	Apodi	Cruzeta	Caicó	Ceará-Mirim	Florânia	Macau
Pluviosidade (mm)	106	70	55	67	71	97

Assim a pluviosidade para a cidade de Natal/RN será dada pela relação abaixo.

$$\text{Natal} = 1,36.\text{Apodi} + 0,45.\text{Cruzeta} - 3,69.\text{Caicó} + 1,03.\text{Ceará-mirim} + 0,45.\text{Florânia} + 1,77.\text{Macau} + 14,85$$

Aplicando os valores da tabela 2 para as respectivas cidades teremos:

$$\text{Natal} = 1,36.106 + 0,45.70 - 3,69.55 + 1,03.67 + 0,45.71 + 1,77.97 + 14,85$$

$$\text{Natal} = 144,16 + 31,5 - 202,95 + 69,01 + 31,95 + 171,69 + 14,85$$

$$\text{Natal} = 260,21 \text{ mm}$$

Desta forma temos uma pluviosidade estimada para a cidade de Natal em março de 2025 um valor de 260,21 mm de chuva.

3. CONCLUSÃO

Os modelos de regressão linear múltipla obtiveram coeficientes para equações com alta precisão e todos significativos, R² variando de 98 a 99%.

As equações deste trabalho podem ser usadas em séries históricas de precipitação para preenchimento de falhas que ocorrem em estações meteorológicas convencionais do Rio Grande do Norte.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, que em sua infinita sabedoria e bondade, me deu forças para não desistir no meio do caminho e lutar até o fim. Aos meus pais, que sempre me apoiaram, me encheram amor e incentivo todos os dias,

sem eles nada disso seria possível. Aos meus tios e as minhas avós que nunca me deixaram desistir dos meus sonhos.

Quero agradecer também a todos os meus amigos, que foram fundamentais em toda a minha caminhada não me deixando enlouquecer, pelos puxões de orelha e por compartilharem comigo essa etapa tão importante da minha vida. Por último quero agradecer ao meu Professor, Orientador e Amigo Stefeson BM, que me deu suporte desde o início da graduação até agora, e que sempre esteve disposto a me ajudar e repassar seus conhecimentos.

4. REFERÊNCIAS`

- [1] ICHIYANAGI, K.; YAMANAKA, M.D.; MURAJI, Y.; VAIDYA, B.K. Precipitation in Nepal between 1987 and 1996. **Int. J. Clim.**, v. 27, p. 1753-1762, 2018.
- [2] BALLARI, D.; GIRALDO, R.; CAMPOZANO, L.; SAMANIEGO, E. Spatial function al data analysis for regionalizing precipitation seasonality and intensity in a sparsely monitored region: Unveiling the spatio-temporal dependencies of precipitation in Ecuador. **Int. J. Clim.**, v. 38, p. 3337-3354, 2018.
- [3] MEKIS, E.; DONALDSON, N.; REID, J.; ZUCCONI, A.; JEFFERY, H.; LI, Q.; NITU, R.; MELO, S. An overview of surface-based precipitation observations at environment and climate change Canada. **Atmosphere-Ocean Journal**, v. 56, p. 1-25, 2018.
- [4] SOUZA, I. F.; LUNDGREN, W.J.C.; NETTO, A. O. A, Comparação entre distribuições de probabilidades da precipitação mensal no estado de Pernambuco. **scientia plena** v.6, n.06, 2010.
- [5] MELLO, Y. R. DE; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. DE. USO DE DIFERENTES MÉTODOS PARA O PREENCHIMENTO DE FALHAS EM ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 1, p. 112-121, 9 ago. 2017.
- [6] GOVERNO DO RIO GRANDE DO NORTE. IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. **Perfil do Rio Grande do Norte**. 2009. 191 p.
- [7] OLIVEIRA, L. F. C.; FIORENZE A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. Silva. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas ricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p.1186-1192, 2010, Campina Grande, PB.
- [8] SCHNEIDER, T.; BISCHOFF, T.; HAUG, G. H. **Migrations and dynamics of the intertropical convergence zone**. *Nature*, v. 513, n. 7516, p. 45-53, 2014.

[9] CHIBANA E. Y.; FLUMIGNAN, D; MOTA, R, G; VIEIRA, A, S.; FARIA, R, T. Estimativa de falhas em dados meteorológicos. In: **Congresso Brasileiro de Agroinformática**, 9, 2005, Londrina. Anais... Londrina: SBI-AGRO, 2005. CD-Rom.

[10] BERTONI J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: Tucci, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2007. P.177-241.

[11] FILL, H. D. Informações hidrológicas. In: Barth, F. T.; Pompeu, C. T; Fill, H. D.; Tucci, C. E. M.; Kelman, J. Braga Júnior, B. P. F. Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo: Nobel/ABRH, 1987. P.95-2002.