



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 8, nº 1 (2022)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n1ID22006>



Comportamento espaço-temporal da precipitação na bacia hidrográfica do rio potengi-rn

Spacio-temporal behavior of precipitation in the potengi-rn river hydrographic basin

Julie Andrade Souza¹; Rodrigo de Freitas Amorim²;

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal/RN, Brasil. Email: julie_andrade_souza@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9532-147X>

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal/RN, Brasil. Email: rodrigofba@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8282-6903>

Resumo: A precipitação é a variável mais importante quando se pretende compreender a dinâmica da estrutura superficial da paisagem e as consequências nas diversas atividades humanas. As análises quantitativas dos dados permitem espacializar os volumes de chuva, relacioná-los aos principais mecanismos climáticos que atuam na área e estimar os tempos de retorno de eventos extremos. Para atingir os objetivos, a metodologia compreende o uso de ferramentas estatísticas de espacialização de dados (krigagem) e a utilização do método de Gumbel para calcular os tempos de retorno de precipitações máximas na bacia. Os resultados demonstram que há uma significativa variação espaço-temporal da chuva nos diferentes compartimentos. Com relação aos eventos máximos, foi possível verificar que no intervalo de retorno de 10 anos, todos os quatro municípios apresentam valores de acima de 100 mm em 24h. Pode-se concluir que os fenômenos climatológicos de precipitação com alta magnitude e baixa recorrência são frequentes em uma escala de tempo de décadas, estando, esses, vinculados à dinâmica climática regional e aos condicionantes de controle global.

Palavras-chave: Espacialização; Variação; Precipitação.

Abstract: Rainfall is the most important variable considered in order to understand the dynamics of surface structure in landscapes and its consequences on several human activities. The quantitative analysis of data allow us to spacialize volumes of rainfall, relate them to the main climatic mechanisms acting on an area and estimate the recurrence time of extreme events. In order to reach the goals, the methodology was based on the use of statistic tools of spatialization in pure data (Kriging) and the use of the Gumbel method to calculate the times of recurrence of maximum rainfall in the basin. The results demonstrate that there is a significant time-space variation of rainfall in different areas. Concerning the maximum events, it was possible to confirm that, in a 10-year recurrence gap, all the four cities presented values over 100 mm in 24 hours. We concluded that the climatic events of high magnitude rainfall and low recurrence are frequent in decade time-scale, being bound to the regional climatic dynamics and to the global control constraints.

Keywords: Spatialization; Variation; Precipitation.

Recebido: 03/08/2020; Aceito: 29/09/2020; Publicado: 04/03/2022.

1. Introdução

A precipitação é um tipo de fenômeno atmosférico sob forma de chuva, granizo ou neve. Suas características, espaciais, temporais e de intensidade constituem a base para compreensão da relação entre a dinâmica hidrológica, o reafeiçoamento da paisagem e as interações com a sociedade. Considerada a variável mais importante, pode provocar alterações no ambiente físico e nos arranjos espaciais, interferindo assim na execução de atividades agrícolas, industriais, turísticas, bem como no uso racional da água no alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica. (BERTONI; TUCCI, 2001; FRANCHITO *et al.*, 2009).

Dentre os episódios de precipitação, os extremos são os que possuem maior potencial de gerar impactos significativos em relação às atividades humanas (MARENGO, 2009). Segundo o IPCC (2012), tais eventos são geralmente definidos por valores atipicamente elevados ou baixos considerando um intervalo de observações. No caso das precipitações, incluem as chuvas intensas (eventos máximos) e os períodos de secas prolongadas (eventos mínimos).

As áreas atingidas por volumes máximos podem sofrer com fenômenos altamente destrutivos, como as enchentes, inundações, alagamentos, erosão do solo, rompimento de barragens, assoreamento de reservatórios hídricos, deslizamentos de massas, entre outros que, ocasionam impactos socioeconômicos significativos na sociedade (FUTREL *et al.*, 2005; MARENGO, 2010).

Tais impactos são potencializados principalmente, quando associados à falta de infraestrutura das cidades e às condições sociais e econômicas da população mais carente, que dificulta ações preventivas relacionadas ao enfretamento de problemas hidrológicos na bacia. Logo, Bastos *et al.* (1998) afirmam que uma econômica decisão é tratar de prevenir futuras ocorrências desses eventos extremos, através de técnicas estatísticas.

Uma dessas técnicas é o “tempo de retorno” ou “período de retorno”, o qual é compreendido como a estimativa da frequência com que um evento de certa magnitude pode ocorrer, ser igualada ou até mesmo ser superada (PINTO *et al.*, 2008). O método de Gumbel, também é conhecido como distribuição de eventos extremos ou de Fisher-Tippett, é aplicado a eventos extremos, em séries anuais. Segundo Righetto (1998), a distribuição de Gumbel tem como objetivo identificar os valores máximos de enchente de um rio, a máxima precipitação, o máximo vento, etc. Segundo Alves (2013), entre outros métodos, o de Gumbel permite determinar, com certo grau de acurácia, estes períodos, visando melhorar o planejamento de diversas atividades humanas, do setor produtivo à saúde pública, das atividades esportivas ao lazer (INMET, 2018).

Para que tais informações possam ser aplicadas nos diversos setores da sociedade, torna-se necessário o entendimento da dinâmica espacial e temporal da precipitação. Comportamento condicionado por características da área como a latitude, altitude, relevo, vegetação, continentalidade, maritimidade e pelos principais sistemas climáticos atuantes na área (VIANELLO; ALVES, 1991; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Tal entendimento pode ser melhor observado através de sua representação no mapa. Sendo assim, as técnicas de espacialização, por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), viabilizam a análise de como as precipitações se distribuem no espaço e se relacionam com diversos fatores do ambiente (ARAI, 2010).

Estudos do comportamento das chuvas, a partir do conhecimento integrado dos elementos bióticos e abióticos em uma bacia hidrográfica, fornecem informações importantes para a gestão adequada dos recursos hídricos. Logo, o objetivo do estudo é compreender a variação espaço-temporal da precipitação pluvial na BHRP, relacionando-a aos principais mecanismos climáticos atuantes na área.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Potengi (Figura 1) possui uma área de 4.093 km², abrangendo parte das mesorregiões Central, Agreste e Leste do Estado do Rio Grande do Norte, entre as coordenadas geográficas 5°42' e 6°12' de latitude Sul e 35°11' e 36°23' de longitude Oeste (WAKE, 2003).

Tem sua nascente na Serra de Santana, no município de Cerro Corá. Se estende de oeste para leste com 135 km e de norte a sul 50 km, o que torna a bacia com características longitudinais. Limita-se ao sul com a bacia do Rio Jacu e ao norte com a bacia do Rio Ceará Mirim, desaguando no Oceano Atlântico em Natal, formando o maior estuário do Estado. Grande parte da rede hidrográfica apresenta-se de forma intermitente durante a maior parte do ano, com exceção do baixo curso, onde há canais perenes devido às influências das ações das marés e pelo maior volume de chuva (MEDEIROS, 2009).

$$Q = 6^{0,5} \cdot \frac{S}{\pi} \quad (1)$$

$$a = (\mu - 0,577 \cdot Q) \quad (2)$$

$$\frac{P(1 - \text{dia.T}) - a}{Q} = -\ln(\ln(\frac{1}{1 - (1 - Q)})) \quad (3)$$

S = desvio padrão;

μ = média;

α e β = parâmetros;

P = precipitação;

T = tempo

3. Resultados e discussão

A fim de compreender o comportamento espaço-temporal da precipitação na BHRP, tomou-se como base os dados de precipitação dos 18 postos de coleta da bacia. Dessa forma, a precipitação média anual foi tabulada (Tabela 1) e espacializada (Figura 4).

Tabela 1 – Precipitação média anual (1963-2019)

Posto de Coleta	Latitude	Longitude	Precipitação Média Anual (em mm)
São Tomé	-5°58'0,01"	-36°4'0,03"	425,4
Tangará	-6°10'59,96"	-35°47'0,04"	458,7
Rui Barbosa	-5°55'0,01"	-35°56'43,54"	475,2
São Paulo do Potengi	-5°54'0,03"	-35°46'0,03"	496,4
Sítio Novo	-6°6'0,01"	-35°55'0,01"	485,3
Lagoa de Velhos	-6°0'0,03"	-35°52'0,01"	520,4
Barcelona	-5°57'0,03"	-35°55'0,01"	524,8
Serra Caiada	-6°6'0,02"	-35°42'0,02"	580,3
Santa Maria	-5°50'0,02"	-35°43'0,03"	607,2
São Pedro	-5°54'0,02"	-35°38'0,02"	600,9
Senador Elói de Sousa	-6°2'0,00"	-35°42'0,03"	613,1
Cerro Cora	-6°3'0,03"	-36°21'0,00"	637,7
Riachuelo	-5°49'0,03"	-35°49'0,02"	664,2
Bom Jesus	-5°59'0,07"	-35°34'0,11"	704,7
Ielmo Marinho	-5°49'0,01"	-35°33'0,01"	848,0
Macaíba	-5°53'59,84"	-35°21'59,95"	1,245,9
São Gonçalo do Amarante	-5°48'0,03"	-35°20'0,01"	1289,0
Natal	-5°50'15,14"	-35°12'28,31"	1,625,7

Fonte de dados: EMPARN, organizados pelo autor (2020).

O cálculo da precipitação média anual é essencial para conhecer o volume médio de chuva precipitado na bacia, assim como em cada um de seus municípios. Tais informações são importantes para diversos setores produtivos da sociedade, tanto do ponto de vista econômico quanto social (MEDEIROS, 2013).

Dados demonstram que há uma variação média anual na distribuição espacial da precipitação na bacia, de aproximadamente 1.200 mm, onde São Tomé apresenta os menores volumes, em torno de 425,4 mm e em contrapartida, o município de Natal com 1.625,7 mm, enquanto que a média de precipitação anual na BHRP é de 711,3 mm.

Importante também é conhecer como esse volume de chuva se distribui ao longo do ano, tendo em vista que a representação da sazonalidade da precipitação é de grande relevância para a avaliação dos impactos do clima em recursos hídricos e agricultura (SILVEIRA et al., 2013). Segundo Meneghetti e Ferreira (2009), a sazonalidade varia em função da localização geográfica e da influência de sistemas climáticos. Este comportamento pode ser percebido nos gráficos de cada município da BHRP (Figura 3).

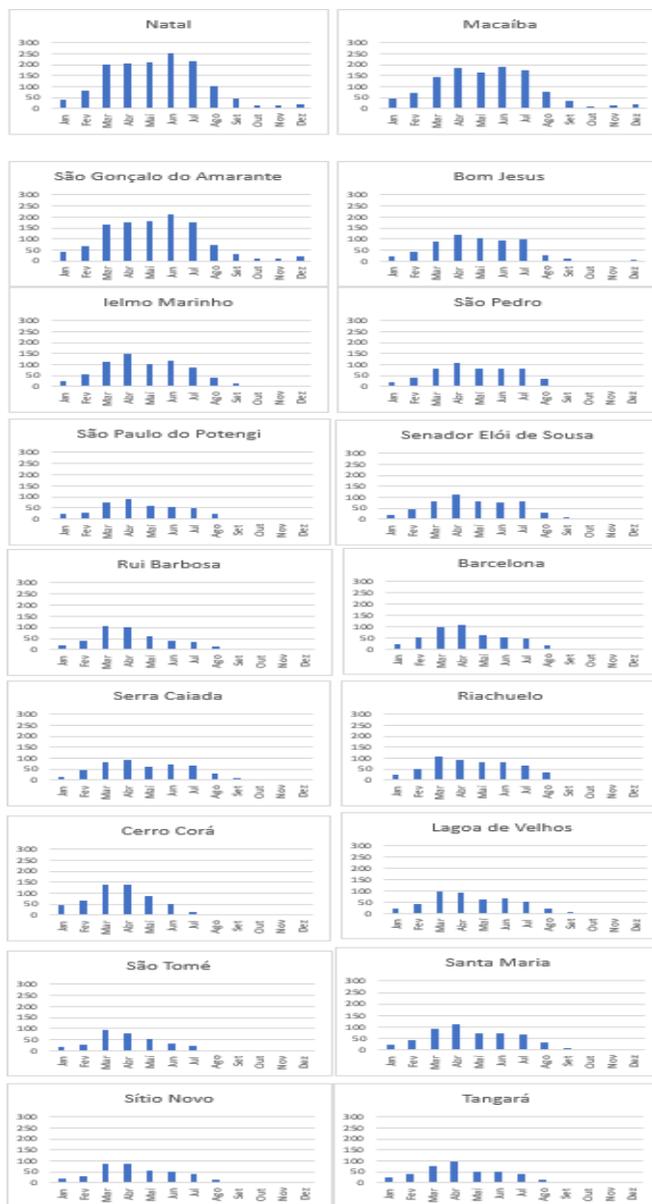


Figura 2 – Precipitação média mensal por município da BHRP (1963-2019).
Elaboração: Autoral (2020).

Na maior parte dos municípios da BHRP, os 6 meses mais chuvosos se concentram de fevereiro a julho. Tal semestre coincide com o período de atuação da Zona de Convergência Intertropical, que se encontra na posição mais ao sul nos meses de fevereiro a abril e das Brisas Marítimas intensificadas pelos Distúrbios Ondulatórios de Leste, que atuam de maio a agosto (FERREIRA; MELO, 2005). O período menos chuvoso estende-se de agosto a janeiro, definindo assim os semestres seco e chuvoso para a área de estudo em questão (Figura 3).

Em relação aos valores médios de precipitações relativas aos semestres seco e chuvoso, fica evidente a diferença de amplitude das chuvas nesses dois períodos do ano. O semestre chuvoso é responsável por quase 90% do total de precipitação anual na BHRP, com valores que variam de 308 mm a 1.201 mm. No período que compreende o semestre seco, as precipitações são responsáveis por apenas 10% do volume anual. Os volumes de chuva concentram-se na porção litorânea, porém esses valores são significativamente baixos comparados com o período chuvoso.

Espacialização

A partir dos valores de precipitações médias anuais, foi feita a espacialização dos dados pluviométricos para a região da BHRP, a fim de visualizar graficamente a distribuição da precipitação (Figura 4).

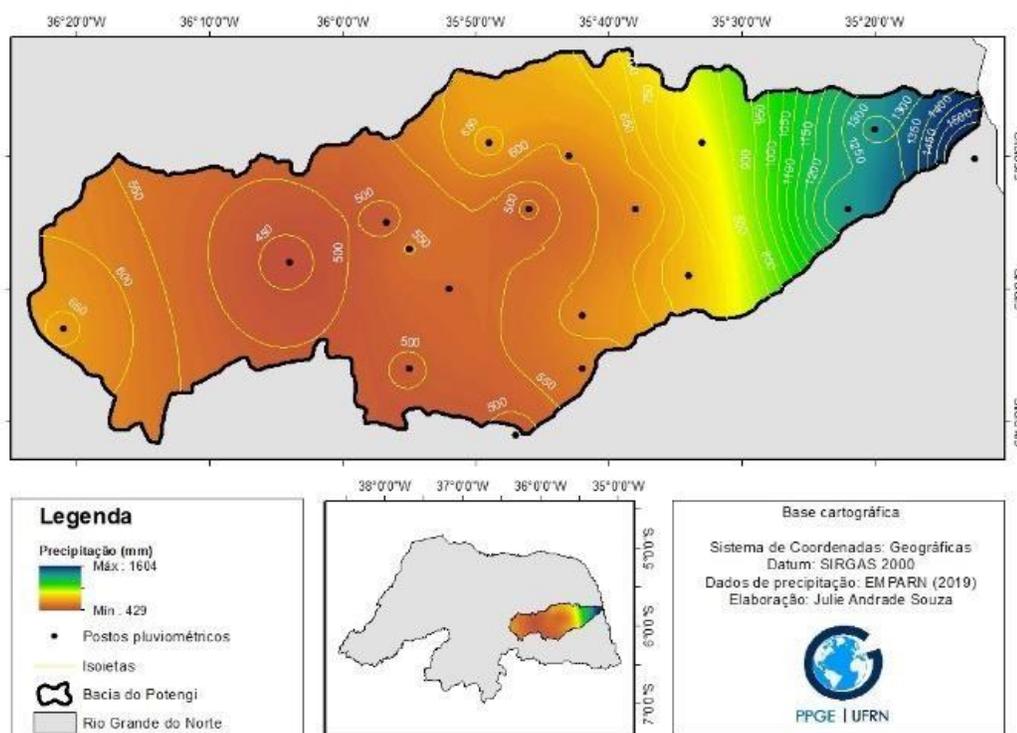


Figura 3 – Espacialização da precipitação média anual da BHRP (1963-2019).

Elaboração: Autoral (2020).

A Figura 4 mostra que os setores mais próximos do litoral apresentam valores médios de precipitação superiores, os quais vão decrescendo no sentido leste-oeste, com valores que variam de 1.616mm à 457mm.

O gradiente de diminuição da precipitação é revertido à medida que se tem a elevação das cotas altimétricas, especialmente nas proximidades da nascente do Rio Potengi, no município de Cerro Corá, onde observa-se um pequeno aumento do valor médio da precipitação anual. Essa condição decorre da influência do fator orográfico, que tendem a promover uma convecção forçada do ar úmido que adveceta em baixos níveis atmosféricos, resultando em precipitação localizada (DINIZ; PEREIRA, 2015).

Período de retorno

Com base nas séries históricas de dados de precipitação das estações meteorológicas de Cerro Corá, São Paulo do Potengi, Ielmo Marinho e Natal foram identificadas as precipitações máximas diárias, entre os anos de 1992 e 2019.

Tabela 2 – Eventos máximos de precipitação diária (1992-2019)

Ano	Cerro Corá	São Paulo do Potengi	Ielmo Marinho	Natal
1992	103,0	56,5	42,9	94,2
1993	88,0	30,4	59,0	70,0
1994	45,0	71,0	64,2	87,4
1995	110,0	60,0	35,1	103,8
1996	74,0	40,0	48,0	79,0
1997	156,0	156,0	141,5	122,2
1998	30,0	36,0	116,2	253,2
1999	98,0	45,0	75,4	122,6
2000	63,0	61,0	89,3	184,8
2001	64,0	89,0	43,5	153,1
2002	64,0	75,0	54,9	117,5
2003	48,0	26,8	40,8	82,6
2004	72,0	58,5	97,4	152,0
2005	45,0	105,6	58,0	163,5
2006	108,0	41,8	58,2	128,9
2007	119,0	79,9	70,5	118,4
2008	86,0	106,0	110,1	216,8
2009	100,0	62,0	50,4	115,5
2010	106,0	23,5	45,0	69,0
2011	142,0	75,0	103,0	115,6
2012	27,0	36,0	185,0	92,7
2013	91,0	77,0	143,0	125,6
2014	62,0	65,0	156,0	222,0
2015	50,0	66,2	72,0	69,9
2016	78,0	47,2	71,0	92,6
2017	93,0	86,0	78,0	116,1
2018	81,0	81,0	72,0	94,6
2019	114,8	43,5	46,0	100,9
Média	83,5	61,5	70,7	115,8
Desv pad	31,6	28,6	38,9	47,4
^β	24,69	22,29	30,33	36,99
^α	69,25	48,64	53,25	94,51

Fonte de dados: EMPARN, organizados pelo autor (2020).

No posto localizado no município de Cerro Corá, distante 129,5 km do litoral a uma altitude de 565 m, foram identificados 23 eventos com valores de precipitação diária acima de 50 mm, sendo 9 deles com valores superiores a 100 mm.

O município de São Paulo do Potengi, distante a 65,3 km do litoral, registrou 18 eventos de precipitação com valores acima de 50 mm. Desse total, 3 eventos superaram os 100 mm.

Para o município de Ielmo Marinho, distante cerca de 40 km do litoral, foram identificados 21 eventos com valores de precipitação diária acima de 50 mm, e 7 deles acima de 100 mm.

Para a cidade de Natal, distante a 2,5 km do litoral, ao longo do período analisado, foram identificados 28 eventos de precipitação máxima, ou seja, valores diários acima de 50mm, o que representa a quantidade de pelo menos uma ocorrência por ano. Desse total, 19 tiveram valores maiores de 100 mm e 3 superiores a 200 mm.

Com base nos valores máximos de cada ano, foi calculada a média, o desvio padrão, os parâmetros α e β . Os resultados obtidos foram utilizados no método de Gumbel, para calcular as precipitações nos períodos estimados (2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 e 1.000 anos).

Tabela 3 – Tempos de retorno.

Período de retorno	2	5	10	25	50	100	500	1.000
Cerro Corá	78	106	125	148	165	183	223	240
São Paulo do Potengi	57	82	100	120	136	151	187	203
Ielmo Marinho	64	99	121	150	172	193	242	263
Natal	108	150	178	213	239	265	324	350

Fonte de dados: EMPARN, organizados pelo autor (2020).

Pode-se observar que houve um padrão entre os totais pluviométricos medidos e aqueles verificados de acordo com o período de retorno determinado pelo método de Gumbel. Tornando os resultados obtidos satisfatórios, ao mesmo tempo em que demonstra o grande potencial de aplicação do presente estudo na gestão do território.

No intervalo de retorno de 10 anos, todos os postos apresentam valores de precipitação acima de 100mm em 24h, sendo que em Natal esse valor é de 178 mm, demonstrando que a capital está sujeita a eventos pluviométricos que podem desencadear inúmeras consequências ao ambiente urbano.

Quando a paisagem é vista como um elemento da modificação social, com construções e diferentes tipos de transformações no meio físico, um tempo de retorno de 10 a 20 anos pode parecer longo, porém é necessário considerar que os prejuízos gerados e os riscos de perdas humanas justificam-se a necessidade de adotar medidas que permitam adequar o uso do solo à essa dinâmica natural.

4. Considerações finais

Com relação a variação na distribuição espacial da precipitação, foi observado uma amplitude de 1.200mm, com média máxima de 1.698 mm para a cidade de Natal e média mínima de 456 mm em São Tomé. Constatou-se, também, que os municípios mais próximos do litoral apresentam valores médios de precipitação superiores, os quais vão decrescendo à medida que vai se afastando do litoral. Entretanto, o gradiente de diminuição da precipitação é revertido à medida que se tem a elevação das cotas topográficas, como é o caso de Cerro Corá.

O período chuvoso da bacia ficou compreendido entre os meses de janeiro a agosto, concentrando cerca de 90% do total anual de chuvas, sendo o primeiro quadrimestre devido principalmente à atuação da Zona de Convergência Intertropical e o segundo devido as Brisas marítimas intensificadas pelas Ondas de Leste.

Considerando eventos máximos os que possuem valor de precipitação acima de 50 mm, constatou-se que nos anos de 1992 a 2019 (28 anos), o município de Natal identificou pelo menos 1 evento máximo por ano. O município de São Paulo do Potengi registrou eventos máximos em apenas 18 anos, Ielmo Marinho 21, enquanto que Cerro Corá registrou eventos de precipitação máxima em 22 dos 28 anos estudados.

No intervalo de retorno de 10 anos, todos os quatro municípios apresentam valores de precipitação acima de 100mm em 24h. Os tempos de retorno de precipitações máximas demonstram a importância de visualizar os fenômenos de forma dinâmica, com a identificação dos valores que superam a normalidade.

No que tange às análises do presente trabalho, pode-se concluir que há uma significativa variação espaço-temporal da precipitação dos diferentes compartimentos da bacia e os fenômenos climatológicos de precipitação com alta magnitude e baixa recorrência são frequentes em uma escala de tempo de décadas.

Referências

- ALVES, A.V.P.; SANTOS, G.B.S.S.; MENEZES-FILHO, F.C. M.; SANCHES, L. Análise dos métodos de estimativa para os parâmetros das distribuições de Gumbel e GEV em eventos de precipitações máximas na cidade de Cuiabá MT. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 6, n. 1, p. 32 43, 201
- ARAI, Fabiane K. et al. Espacialização da precipitação e erosividade na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados – MS. *Eng. Agríc.* [online]. 2010, v..30, n.5, pp.922-931.
- BASTOS, T. X., MARQUES, A. F., ROCHA, M. d., OLIVEIRA, R. P., PACHECO, N. A., & SÁ, T. D. (1998). *Chuvas máximas de 24 horas em Belém, probabilidade de ocorrência e Tempo de retorno*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., CONGRESSO DA FLISMET, 8., Brasília. Anais... [S.l.: s.n.], 2018.
- BERTONI, J. C. e TUCCI, C. E. M. *Precipitação*. In.: Hidrologia: ciência e aplicação, Org. Carlos E. M. Tucci, 2ª ed., 2. Reimpr., Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.
- DINIZ, M.; PEREIRA, V. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. *Goiânia: Boletim Goiano de Geografia* (Online), 2015.FRANCHITO, S. H.; RAO, V. B.; VASQUES, A. C.; SANTO, C. M. E.; CONFORTE, J. C. Validation of TRMM precipitation radar monthly rainfall estimates over Brazil. *J. Geophys. Res.*, v. 114, D02105, 2009.
- FUTREL, J. H., and Coauthors. *Water: Challenges at the intersection of human and natural systems*. NSF/DOE tech. Rep. PNWD-3597, 50 p., 2005.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Normais Climatológicas do Brasil: Prefácio 1981-2010*. 2018.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for policymakers. In: C. B. FIELD, V. BARROS, T. F. STOCKER, D. QIN, D. J. DOKKEN, K. L. EBI, et al. (Eds.). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2012. p. 3-21.
- FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. Principais SSistemas Atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia* , 15-28 (2005).
- MARENGO, J. A. *Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima - Impactos sociais e econômicos*. Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas - GPMC, Edição Especial, 2009.
- MARENGO, J. A. *Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil*. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS, 2010.

-
- MEDEIROS, M. L. de. *Estudo multitemporal da dinâmica espacial do estuário Potengi/RN, utilizando como base os dados de sensoriamento remoto*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009, 106p.
- MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C.; CORREIA, D. S.; OLIVEIRA, V.G.; RAFAEL, A. R. (2013). “*Estudo da precipitação pluviométrica no município de Campinas do Piauí*” in Anais do I Congresso internacional de Ciências Biológicas / II Congresso nacional de Ciências Biológicas / VI Simpósio de Ciências Biológicas, Recife-PE, Nov, 2013.
- MENDONÇA, F. A; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206p.
- MENEGHETTI, G. T.; FERREIRA, N. J. *Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Nordeste Brasileiro*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1685-1689.
- PINTO, N. L. S; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. *Hidrologia Básica*. 11ª reimp. São Paulo: Edgar Blucher, 2008.
- RIGHETTO, A. M. (1998). *Hidrologia e Recursos hídricos* (1a Edição ed.). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos-USP.
- [SILVEIRA, C. S;](#) [SOUZA FILHO, F. A;](#) [COSTA, A. A;](#) [CABRAL, S. L.](#) Avaliação de desempenho dos modelos do CMIP5 quanto à representação dos padrões de variação da precipitação no século XX sobre a região Nordeste do Brasil, Amazônia e bacia do Prata e análise das projeções para o cenário RCP8.5. *Rev. bras. meteorol.* [online]. 2013, vol.28, n.3, pp.317-330.
- VIANELLO, R. L & ALVES, A.R. *Meteorologia Básica e aplicações*. Ed. UFV. Viçosa (MG), 1991.
- VIOLA, M.R.; MELLO, C.R. de; PINTO, D.B.F.; MELLO, J.M. de; ÁVILA, L.F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.970-978, 2010.
- WAKE, M. *Zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do rio Potengi*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003, 187p.
- YAMAMOTO, J.K.; LANDIM, P.M.B. 2013. *Geoestatística: conceitos e aplicações*. São Paulo, Oficina de Textos. 215p.