

Análise estatística da variabilidade da precipitação pluviométrica para a bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR

Márcio Greyck Guimarães Correa¹
Emerson Galvani

Resumo: *Este trabalho apresenta uma análise estatística da variabilidade da precipitação na bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR. Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados 41 postos pluviométricos. A partir da estatística descritiva procurou-se delinear um panorama da variabilidade anual, sazonal e mensal. Calcularam-se as anomalias positivas e negativas a partir da sazonalidade dos 420 meses analisados. Observou-se que a maior variabilidade ocorre no inverno e outono e menor no verão e primavera. O mês de agosto apresentou maior coeficiente de variação. O maior desvio padrão e anomalias positivas e negativas foram observados no mês de maio, período de transição entre o outono e inverno, apresentando-se como o mês de maior variabilidade pluviométrica para a bacia hidrográfica do rio Piquiri.*

Palavras-chave: *anomalias de precipitação, bacia hidrográfica, variabilidade, rio Piquiri.*

Statistical analysis of rainfall variability for Piquiri watershed, Paraná State, Brazil

Abstract: *This study presents a statistical analysis of the rainfall variability at the Piquiri watershed, located in Paraná State, Brazil. Forty-one rain-gauge stations were used for the research development. Based on the descriptive statistical analysis, we outlined the annual, seasonal, and monthly variability scenario. Positive and negative anomalies were calculated based on the seasonality of the 420 months evaluated. Variability was found to be higher during winter and fall and lower in summer and spring. August was the month with the highest coefficient of variation. The highest standard deviation and largest number of positive and negative anomalies were detected in May, the fall-winter transition period, characterizing it as the month with largest rainfall variability for the Piquiri watershed.*

Keywords: *rainfall anomalies, watershed, variability, Piquiri river.*

Introdução

A precipitação pluviométrica distribui-se heterogeneamente na superfície do planeta, as diferenças entre o balanço de radiação nas faixas zonais terrestre em associação à dinâmica atmosférica possibilitam uma vasta diferenciação da distribuição das chuvas.

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, FFLCH, Universidade de São Paulo, mgreyckcorrea@gmail.com

Vários estudos foram realizados tomando como elemento climático a precipitação pluviométrica, seja por excessos de chuvas ou pela falta, destaque para os trabalhos realizados por Conti (1995), Monteiro (1968, 1969), Nimer (1979), Nery et. al (2002, 2005), Baldo et. al (2001), Nunes et al. (2009) e Correa (2013) que desenvolveram estudos da precipitação pluviométrica no centro-sul do Brasil, enfatizando a dinâmica atmosférica a distribuição e variabilidade pluvial.

A análise climática em bacias hidrográficas é fundamental para a compreensão do funcionamento natural dos sistemas terrestres, os estudos voltados a essa área da geografia também desempenham um importante papel na compreensão humana sobre os recursos disponíveis, principalmente os recursos hídricos. Para Zavoianu (1985), a precipitação pluviométrica é a principal fonte de matéria e energia para um sistema hidrográfico, e a dinâmica do ciclo hidrológico para Silveira (2001, p. 35) “é um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera” que pode ser melhor observado e compreendido em bacias hidrográficas.

Segundo Ometto (1981) fica evidente a irregularidade anual que a precipitação apresenta ao longo do globo, essa irregularidade é responsável por definir particularidades para cada unidade de paisagem, no caso, a bacia hidrográfica, e suas características singulares quanto à distribuição e disponibilidade dos recursos hídricos.

Para Bertoni e Tucci (2001, p. 177) a precipitação assume um papel importante no processo hidrológico, os autores apontam a importância da distribuição anual da precipitação em uma bacia hidrográfica, é com base na distribuição da precipitação que são tomadas decisões de planejamento e prevenção em questões relacionadas à irrigação da agricultura, abastecimento de água industrial e doméstico, medidas preventivas de controle de erosão do solo e inundações, por exemplo.

A variabilidade da precipitação é importante para o planejamento, pois os eventos mais extremos, que fogem ao habitual, podem causar transtornos socioeconômicos, e muitas vezes, até a morte de pessoas.

Angelocci e Sentelhas (2007, p. 1) definem variabilidade climática “como uma variação das condições climáticas em torno da média climatológica”.

Silva e Silva (2012) apontam a importância dos oceanos na variabilidade da precipitação, uma vez que os desvios em torno da média pluvial estão intrinsecamente relacionados aos fenômenos que ocorrem na superfície dos oceanos, destaque para as variações da TSM e a correlação com a distribuição das chuvas pelo globo terrestre.

Estudos realizados por Zanella et al. (2009) mostram os impactos de eventos extremos de precipitação e ressalta a importância de se compreender as interações entre a superfície e atmosfera em áreas urbanas de países emergentes, e todas suas decorrências socioambientais. Coscarelli e Caloiero (2012) ao analisarem a distribuição diária das chuvas no sul da Itália, verificaram a importância de se entender a participação dos dias chuvosos na distribuição anual da precipitação, bem como os riscos de inundações e instabilidade dos solos decorrentes desses episódios.

A precipitação pluviométrica e sua variabilidade ao longo do tempo, entendida como importante fornecedora de energia e matéria no sistema hidrográfico, é o foco central desta pesquisa que tem por objetivo analisar estatisticamente a variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR.

Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Piquiri localiza-se na região centro-oeste do estado do Paraná, entre as latitudes de 23°00'00" S, 25°30'00" S e longitudes 52°00'00" W, 55°30'00" W, como se pode observar na figura 1. O rio Piquiri é afluente da margem esquerda do rio Paraná e tem sua nascente na região da Serra do São João, divisa entre os municípios de Turvo e Guarapuava. O rio Piquiri percorre 480 km até sua foz no rio Paraná, na divisa dos municípios de Altônia e Terra Roxa. A área de drenagem de toda a bacia é de 24.700 km² e limita-se ao norte e a leste com a bacia do rio Ivaí, ao sul com a bacia do rio Iguaçu e a oeste o rio Piquiri tem sua foz junto ao rio Paraná.

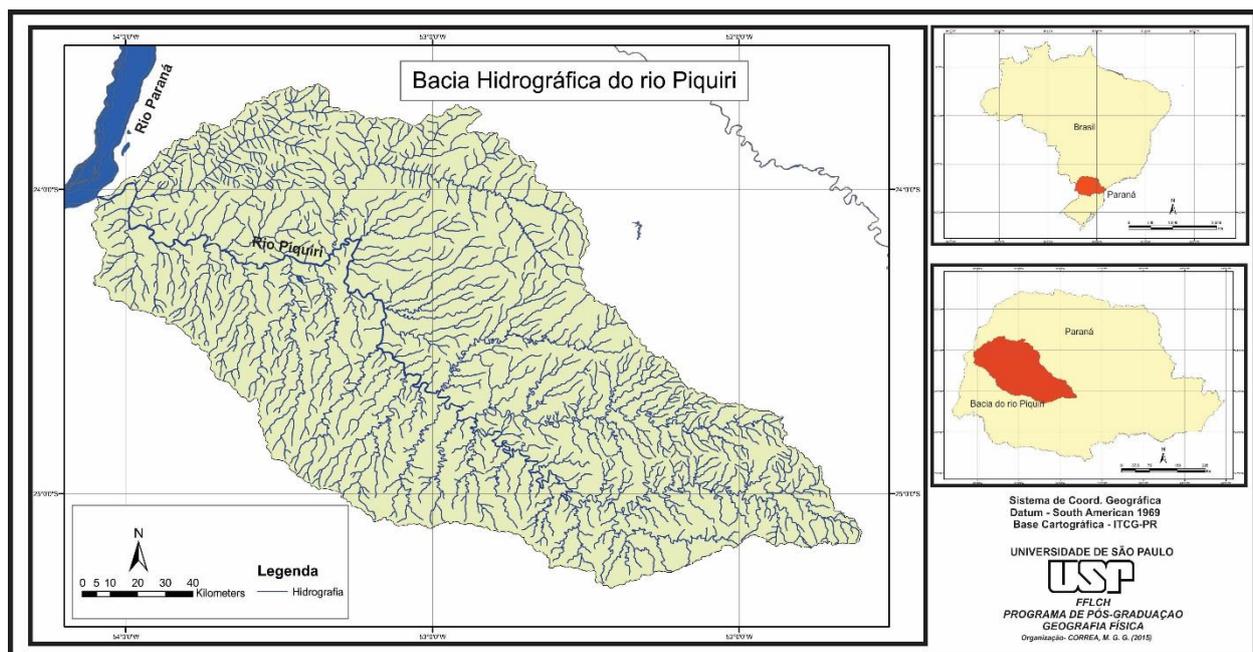


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR.

Fonte: autor (2015)

Materiais e métodos

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados dados de precipitação pluviométrica fornecidos pelo Instituto das Águas do Paraná, ao qual se escolheu uma quantidade representativa de 41 postos pluviométricos na bacia hidrográfica do rio Piquiri, com série histórica de 35 anos entre 1976 e 2010.

A análise dos dados foi feita através de uma estatística descritiva baseando-se em alguns cálculos que indicassem a variabilidade da precipitação pluviométrica.

Para isso optou-se por realizar uma descrição geral com a média histórica anual, sazonal e mensal efetuando-se os cálculos de desvio padrão, coeficiente de variação, máxima, mínima e amplitude. O desvio padrão (S) que segundo Galvani (2011, p. 474) é importante para ter-se a noção do “grau de dispersão dos valores em relação ao valor médio”. O coeficiente de variação (CV) que segundo o autor, é utilizado para fazer comparações em termos relativos e expressa “a variabilidade de cada conjunto de dados normalizada em relação à média, em porcentagem.”

Em um segundo momento fez-se uma representação gráfica dos 420 meses analisados ao longo dos 35 anos, mostrando a precipitação total para cada mês, e um gráfico com as anomalias de precipitação, extraindo-se a sazonalidade a partir da diferença entre a média esperada e o total precipitado para cada mês.

Realizou-se o cálculo simples das proporções de meses com anomalias acima da média (positivo) e abaixo da média (negativo) com a finalidade de gerar um panorama geral dos meses com mais registros de desvios negativos e positivos.

Para averiguar qual mês registrou maior quantidade de anomalias positivas e negativas extremas, extraiu-se a média das anomalias positivas (207,0 mm) e das anomalias negativas (-118,3 mm) e fez-se uma seleção dos 420 meses que registraram anomalias positivas e negativas superiores à média.

Para a representação gráfica da precipitação média anual, sazonal e mensal e os cálculos descritos anteriormente, utilizou-se de planilhas do Excel².

Análise e discussão dos resultados

A bacia hidrográfica do rio Piquiri apresenta uma precipitação média anual de 1762,5 mm, na série histórica analisada (1976-2010) o ano mais chuvoso foi 1983 com um total de 2558,7 mm e o ano menos chuvoso foi 1988 com 1256,7 mm, ou seja, no ano mais seco da série histórica choveu

² Excel é marca registrada Microsoft Office

49,1% a menos que no ano mais chuvoso (1302,0 mm de amplitude), como pode-se observar na tabela 1.

Tabela 1: Estatística descritiva para a precipitação média no período de 1976-2010 para a bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR.

Período	Média (mm)	D.P. (mm)	C.V. (%)	Máxima (mm)	Mínima (mm)	Amplitude (mm)
1976-2010	1762,5	273,4	20	2558,7	1256,7	1302,0

Legenda: D.P.: Desvio padrão, C.V.: Coeficiente de Variação.

Correa (2013) ao analisar a distribuição espacial da precipitação para a bacia hidrográfica do rio Piquiri, já havia categorizado o ano de 1983 como o mais chuvoso. Segundo Kousky e Cavalvanti (1984) no biênio 1982-1983 foi observado o avanço ativo dos sistemas frontais no sul do Brasil devido à oscilação positiva do ENOS, o que ocasionou em chuvas acima da média para a região sul do país.

Sazonalmente, a precipitação pluviométrica apresenta um coeficiente de variação superior ao observado anualmente, o outono e o inverno apresentam maior coeficiente de variação, desvio padrão e amplitude com relação ao verão e a primavera, como pode-se observar na tabela 2, isso ocorre porque durante o inverno existe a participação ativa dos sistemas frontais e enfraquecimento dos processos convectivos, qualquer variação na quantidade e intensidade dos sistemas frontais que passam pela região nessa época do ano, afeta diretamente no volume de precipitação. Em valores médios, a primavera e o verão apresentam-se como os mais chuvosos, enquanto outono e inverno como menos chuvosos.

Durante a primavera e o verão as chuvas sobre o Paraná são controladas pela junção dos processos convectivos, Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Sistemas Frontais, como apontam Grimm (2009), Barros et al. (2000) e Nery (2005). A ação conjunta desses sistemas possibilita acréscimo na precipitação para esse período do ano.

No inverno e outono os sistemas frontais dominam sobre o sul do Brasil, inibindo a presença dos processos convectivos, CCMs e da ZCAS, ocasionando diminuição na precipitação.

Tabela 2: Estatística descritiva para a precipitação média sazonal para a bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR.

Período	Média (mm)	D.P. (mm)	C.V. (%)	Máxima (mm)	Mínima (mm)	Amplitude (mm)
Verão	469,7	110,2	23	670,2	253,7	416,5
Outono	422,3	161,0	38	922,6	151,4	771,3
Inverno	326,0	144,9	44	635,7	23,1	612,6
Primavera	543,3	131,4	24	845,0	255,9	589,0

Legenda: D.P.: Desvio padrão, C.V.: Coeficiente de Variação.

O mês com maior precipitação registrada na média histórica para a bacia hidrográfica do rio Piquiri é outubro (192,2 mm), com a menor média registrada é agosto (81,3 mm). Os meses com maior coeficiente de variação foram maio (67,5%), junho (65,8%), julho (62,1%) e agosto (76,4%), período em que os sistemas frontais têm maior ação no controle da dinâmica atmosférica da região. A maior amplitude ocorre no mês de dezembro (470,9 mm) e a menor, em agosto (219,0 mm), como mostra a tabela 3.

Tabela 3: Estatística descritiva para a precipitação média mensal para a bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR.

Período	Média (mm)	D.P. (mm)	C.V. (%)	Máxima (mm)	Mínima (mm)	Amplitude (mm)
Jan	186,2	77,7	41,2	366,9	43,3	323,6
Fev	157,9	67,7	42,9	302,6	26,1	302,6
Mar	125,6	47,4	37,7	252,8	50,7	252,8
Abr	134,5	76,5	56,9	393,6	9,7	393,6
Mai	169,3	114,3	67,5	440,4	15,7	440,4
Jun	118,5	78,0	65,8	331,9	5,2	331,9
Jul	97,4	60,5	62,1	250,2	6,2	250,2
Ago	81,3	62,1	76,4	219,0	1,5	219,0
Set	147,6	84,3	57,1	359,2	11,1	359,2
Out	192,2	84,8	44,1	467,0	62,7	467,0
Nov	165,0	72,8	44,1	390,9	45,8	390,9
Dez	186,4	82,5	44,2	470,9	64,7	470,9

Legenda: D.P.: Desvio padrão, C.V.: Coeficiente de Variação.

Considerando as tabelas 1, 2 e 3, nota-se que a variabilidade mensal é maior que a variabilidade sazonal e anual. A diferença média é de 20,7% entre a variabilidade mensal e sazonal, e de 33,3% entre a variabilidade mensal e anual.

A figura 2 mostra a precipitação mensal de toda a série histórica, observa-se a irregularidade na distribuição da precipitação ao longo dos meses nos 35 anos observados (linha da média móvel),

sendo que, 3 meses registraram precipitação superior a 400,0 mm, dez/91 (470,9 mm), mai/92 (440,4 mm) e out/05 (467,0 mm).

Observa-se ainda que 5 meses apresentaram precipitação inferior ou próximo a 5,0 mm, ago/83(3,2 mm), ago/88 (5,8 mm), ago/93 (5,2 mm), ago/99 (1,5 mm) e jun/02 (5,2 mm).

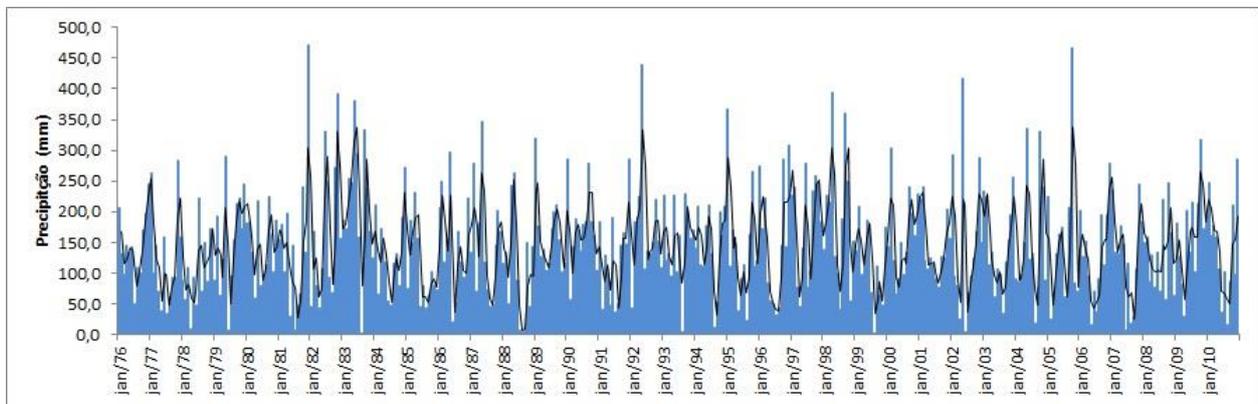


Figura 2: Precipitação média mensal para a bacia hidrográfica do rio Piquiri no período de 1976 a 2010.

Analisando as anomalias de precipitação (desvios com relação à média) apresentadas na figura 3, observa-se que do total de 420 meses ao longo da série histórica, 45,9% ficaram com precipitação mensal acima da média (desvios positivos), enquanto 54,1% ficaram com precipitação abaixo da média (desvios negativos). A amplitude das anomalias positivas (as maiores anomalias positivas variam entre 240 e 270 mm) é maior que a amplitude das anomalias negativas (as maiores anomalias negativas variam entre -100 e -140 mm)

Fevereiro é o mês com maior ocorrência de precipitação acima da média, dos 35 anos analisados, 57,1% dos meses de fevereiro tiveram precipitação acima da média, enquanto o mês de dezembro teve a maior ocorrência de precipitação abaixo da média, 62,8%.

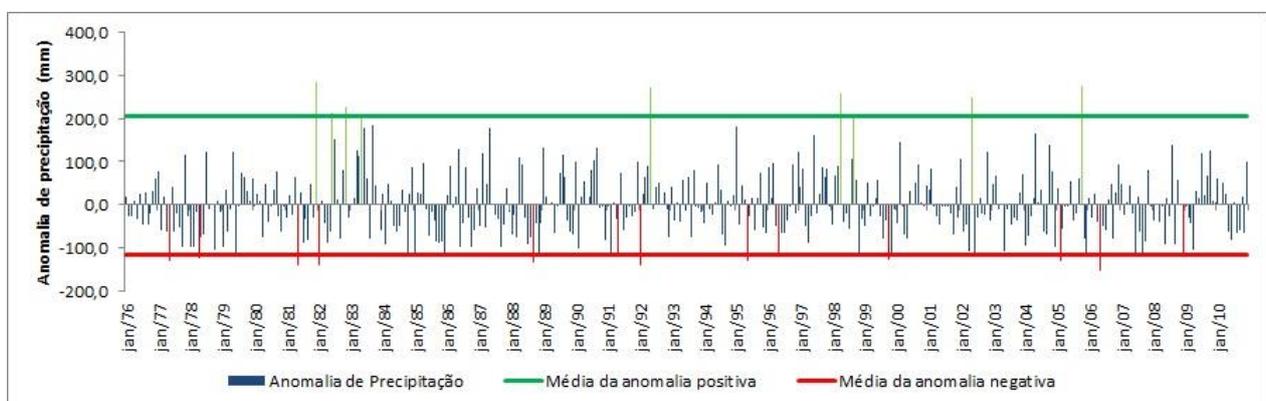


Figura 3: Anomalias de precipitação média mensal para a bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR no período de 1976 a 2010.

Considerando as anomalias extremas de precipitação, apenas 2,1% dos meses apresentaram anomalias extremas positivas (em destaque verde na figura 3) e 3,1% dos meses apresentaram anomalias extremas negativas (em destaque vermelho na figura 3).

Observa-se que a maioria dos meses não apresentaram registro de casos de anomalias extremas ao longo dos 35 anos analisados, com exceção de janeiro que registrou 2 desvios positivos extremos (1988 e 1992), e o mês de maio, que registrou 3 desvios positivos extremos (1983, 1992 e 2002) e 5 desvios extremos negativos (1977, 1981, 1991, 1995 e 2006), confirmando o maior desvio padrão indicado na tabela 3.

Conclusão

Na bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR o ano mais chuvoso foi 1983 e o ano menos chuvoso foi 1988. A primavera e o verão e os meses de outubro e dezembro são os mais chuvosos, enquanto o outono e o inverno e os meses de julho e agosto os menos chuvosos.

A pesquisa mostrou que existe uma escala crescente de variabilidade temporal da precipitação pluviométrica anual para sazonal e para a mensal. A variabilidade é maior durante o inverno e o outono, bem como nos meses dessas estações.

As anomalias negativas são 8,2% superiores que as positivas, porém a amplitude das anomalias positivas é maior. O mês de maio destaca-se por ter a maior variabilidade, com maior desvio padrão, segundo maior coeficiente de variação e o maior número de anomalias extremas positivas e negativas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio financeiro por meio da bolsa da cota institucional processo n°. 165217/2014-6.

Referências bibliográficas

- ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Variabilidade, anomalia e mudança climática. Material didático, 2007.
- BALDO, M. C.; MARTINS, M. de L. O. F.; NERY, J. T. Análise da estrutura da precipitação pluviométrica na região sul do Brasil. Boletim de Geografia, Maringá, n. 1. 2001.
- BARROS, V. R. GONZALEZ, M. LIEBMANN, B. CAMILLONI, I. Influence of the South Atlantic convergence zone and South Atlantic sea surface temperature on interannual Summer rainfall variability in Southeastern South America. Theoretical and Applied Climatology, v. 67, p. 123-133, 2000.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade – UFRGS, ABRH, 2001.
- CONTI, J. B. Desertificação nos trópicos: proposta de metodologia de estudo aplicada ao nordeste brasileiro. 1995. Livre Docência. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- CORREA, M. G. G. Distribuição espacial e variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia do rio Piquiri-PR. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- COSCARELLI, R.; CALOIERO, T. Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy (Calabria region). Journal of Hydrology. v. 416-417, p. 145-156, 2012.
- GALVANI, E. Estatística descritiva em sala de aula. In: VENTURI, L. A. B. Geografia: Práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Editora Sarandi, 2011.
- GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de A. et al. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- KOUSKY, V.E.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos El-Niño Oscilação Sul: características, evolução e anomalias de precipitação. Ciência e Cultura. São Paulo, v. 36, n. 11, p.1188-1199, 1984
- MONTEIRO, C. A. F. Clima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil: Grande Região Sul. Rio de Janeiro, v.4, n.18,Tomo I, 1968, p.114-166.
- 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. 1969. Tese. (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1969.
- NERY, J. T. Dinâmica climática da região sul do Brasil. Revista Brasileira de Climatologia. São Paulo, v.1, n. 1. 2005.
- NERY, J. T.; MARTINS, M. L. O. F.; SANT’ANA NETO, J. L. Variabilidade da precipitação no Brasil meridional. Acta Scientiarum Technology, Maringá, v. 24, n. 6, p. 1687-1695, 2002.
- NIMER. E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- NUNES, L. H. ; KOGA-VICENTE, A. ; CANDIDO, D. H. Clima da Região Sudeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981.
- RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

SILVA, M. E. S.; SILVA, C. B. Variabilidade climática - Processos físicos e dinâmicos nos oceanos e atmosfera. Revista do Departamento de Geografia (USP), v. 2, 2012.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed da Universidade – UFRGS, ABRH, 2001.

ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L.; ABREU, N. J. A. Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza, CE. GEOUSP -Espaço e Tempo. São Paulo, n. 25, p. 53 - 68, 2009.

ZAVOIANU, I. Morphometry of drainage basins. Amsterdam: Elsevier, 1985.